

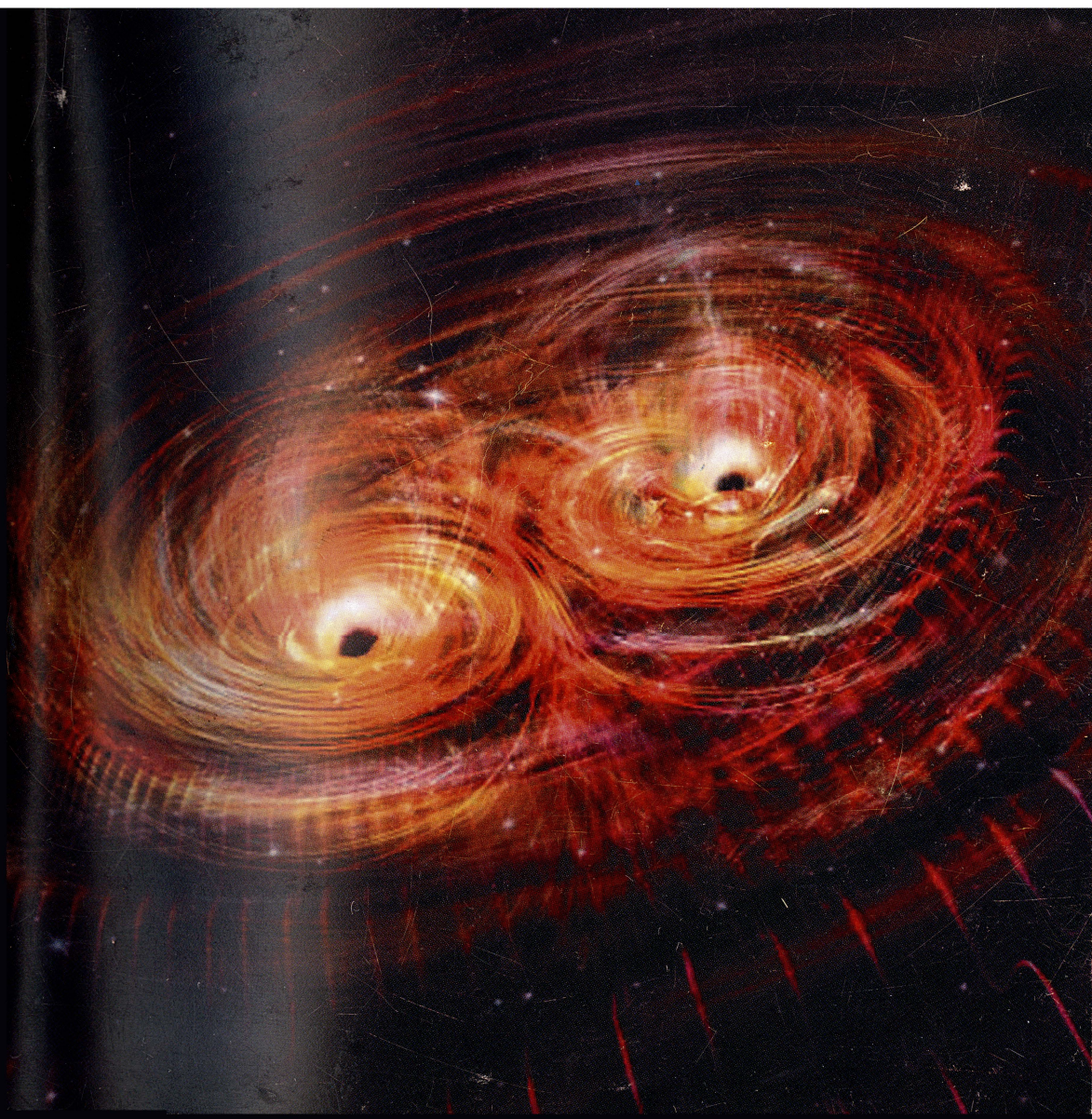
ISSN 0044-3948

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

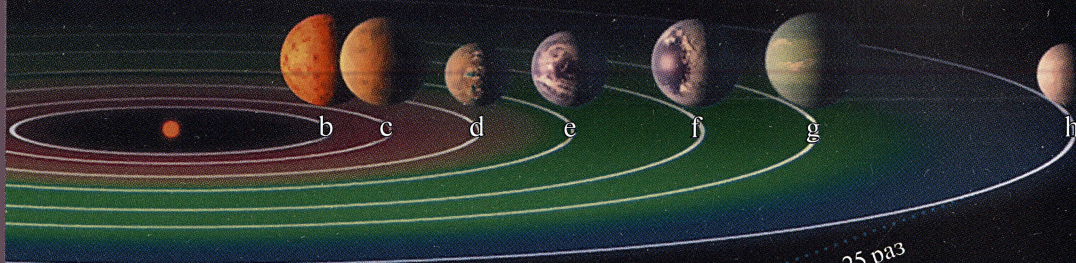
КОСМОНАВТИКА
АСТРОНОМИЯ
ГЕОФИЗИКА

МАЙ-ИЮНЬ

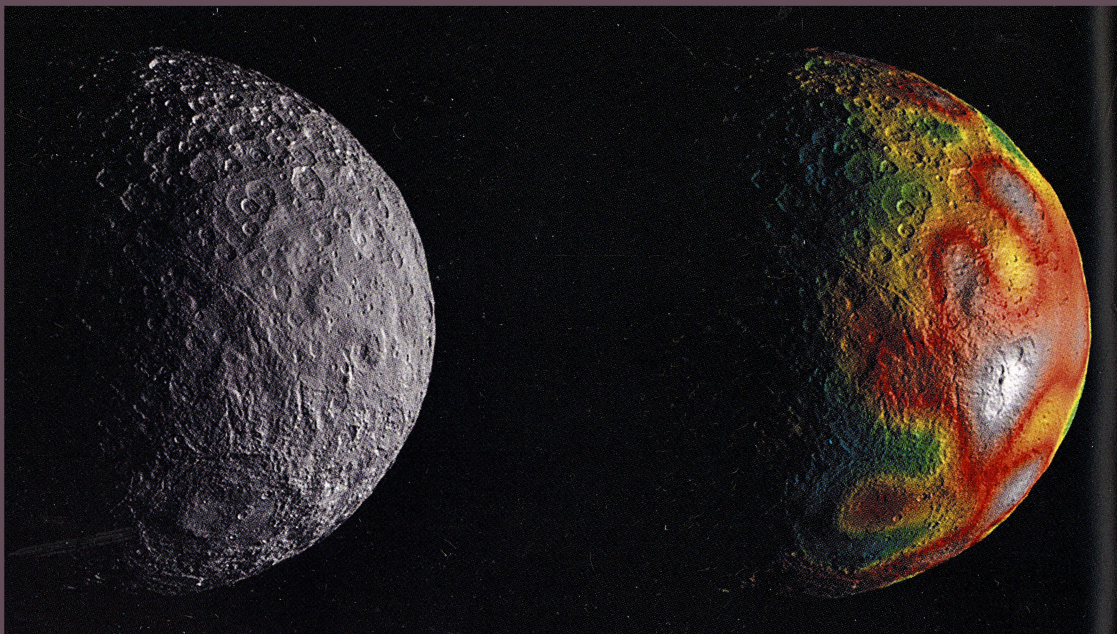
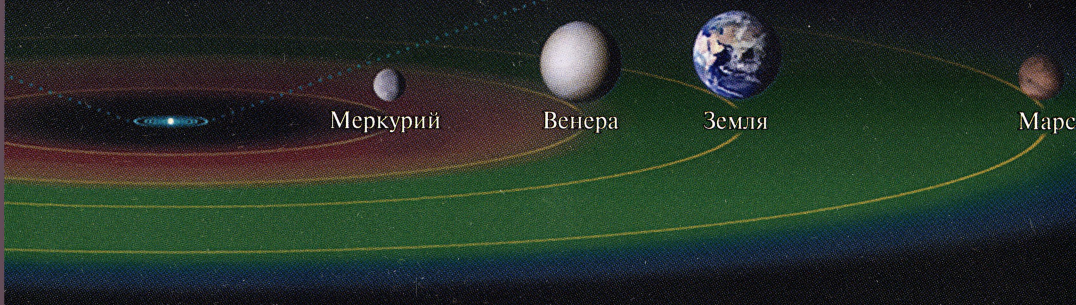
3/2018



Система TRAPPIST-1



Солнечная система



Научно-популярный журнал
Российской академии наук
Издается под руководством
Президиума РАН
Выходит с января 1965 года
6 раз в год
“Наука”
Москва

Земля и Вселенная

3/2018



Новости науки и другая информация: Скопление галактик очень большой массы [8]; Открытия после “Кассини” [41]; Экзопланеты: новые открытия [47]; “Доун”: пятна на Церере [49]; Новый обзорный снимок Марса [51]; Вода текла на Марсе в эпоху динозавров [51]; “Новые горизонты” летит к тройному астероиду [53]; Модель ядра кометы Чурюмова–Герасименко [54]; Поиск экзопланет в обитаемых зонах [80]; Успешные запуски компании “SpsceX” [96]; Станция “Тяньгун-1” завершила полет [97]; Студенческий спутник решил научную задачу [105]; “ЭкзоМарс” приступила к работе [109]

В номере:

- 3 Триумф мировой науки
10 ПОСТНОВ К.А. Гравитационные волны – вестники космических катастроф

СЛУЖБА СОЛНЦА

- 26 ИШКОВ В.Н. Солнце в декабре 2017 г. – январе 2018 г.

ЛЮДИ НАУКИ

- 29 ЕРЕМЕЕВА А.И. “Звездный профессор” Клавдия Александровна Бархатова (к 100-летию со дня рождения)
42 МАКАЛКИН А.Б. В.С. Сафронов – создатель современной теории образования планет (к 100-летию со дня рождения)
55 ГЕРАСЮТИН С.А. Памяти Джона Янга

ИСТОРИЯ НАУКИ

- 64 ЖЕЛНИНА Т.Н. “Вне Земли” – книга на все времена (к 100-летию публикации)

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

- 75 РАСТОПЧИНА-ШАХОВСКАЯ А.Н., ШУСТОВ Б.М. Всероссийская астрономическая конференция ВАК–2017
81 Конференция по астрофизике

ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

- 90 РОДКИН М.В. Спонтанные массовые социальные катаклизмы и гелиогеомагнитная активность

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 98 ЩИВЬЕВ В.И. Небесный календарь: июль – август 2018 г.

ХРОНИКА СЕЙСМИЧНОСТИ ЗЕМЛИ

- 107 СТАРОВОЙТ О.Е., ЧЕПКУНАС Л.С., КОЛОМИЕЦ М.В.
Сейсмичность Земли во втором полугодии 2017 года



© Российская академия наук, 2018
© Редколлегия журнала
“Земля и Вселенная” (составитель), 2018
© ФГУП “Издательство “Наука”, 2018

Zemlya i Vselennaya (Earth and Universe); Moscow, Profsoyuznaya str., 90, f.1965, 6 a year; by the Nauka (Science) Publishing House; Joint edition of the Russian Academy of Science; popular, current hypotheses of the origin and development of the Earth and Universe; astronomy, geophysics and space research; Deputy Editor V.M. Kotlyakov; Deputy Editor S.P. Perov

На стр. 1 обложки: Так художник изобразил слияние двух черных дыр, в результате которого возникли гравитационные волны. Рисунок М. Гарлик/Science photo library (к статье К.А. Постнова).

На стр. 2 обложки: Вверху – соотношение обитаемых зон системы, состоящей из 7-ми экзопланет TRAPPIST-1 и планет земной группы Солнечной системы. Рисунок NASA/JPL-Caltech (к стр. 47). Внизу – карликовая планета Церера: снимок (слева) получен 26 октября 2017 г. с помощью АМС “Дуан” с расстояния 1470 км от планеты, разрешение – 140 м. Справа – карта гравитационных аномалий. По данным NASA/IPL (к стр. 49).

На стр. 3 обложки: Вверху – Марс: погруженный в ночную тень северный полюс планеты (слева) и его ярко освещенная приэкваториальная область (справа, координаты – 65° с.ш., 249° в.д.). Снимок получен 19 июня 2017 г. с помощью стереокамеры высокого разрешения HRSC АМС “Марс Экспресс”. Фото ESA (к стр. 51). Внизу – слои отложений водяного льда толщиной около 2 м на склонах эскарпов в Южном полушарии. Снимок получен с помощью АМС “Марсианский орбитальный разведчик” в январе 2018 г. Фото NASA/IPL (к стр. 52).

На стр. 4 обложки: Туманность “Слоновий хобот” (vdB 142), длиной более 20 св. лет – “извивается” вокруг эмиссионной туманности и молодого звездного скопления в комплексе IC 1396, находящегося в 3 тыс. св. лет от нас в созвездии Цефея. Видны яркие полосы, окаймляющие темные и холодные газопылевые облака в форме “усиков”. Снимок размером около 1° получен в январе 2018 г. с помощью 8,2-м телескопа “Субару”. Фото NAOJ; Р. Гендлер, Р. Колмбари.

In this issue:

- 3 Triumph of world Science
- 10 POSTNOV K.A. Gravitational Waves – Messengers of the Cosmic Catastrophes

SOLAR MONITORING SERVICE

- 26 ISHKOV V.N. The Sun in December 2017 – January 2018

PEOPLE OF SCIENCE

- 29 EREMEYEVA A.I. “Stellar Professor” Klavdiya Aleksandrovna Barkhatova (to the 100th Anniversary of Birth)
- 42 MAKALKIN A.B. V.S. Safronov – Creator of the Modern Theory of Planetary Formation (to the 100th Anniversary of Birth)
- 55 GERASYUTIN S.A. In Memory of John Young

HISTORY OF SCIENCE

- 64 ZHELNINA T.M. “Beyond the Earth” – Book of all Time (to the 100th Anniversary of Publication)

SYMPOSIA, CONFERENCES, CONGRESSES

- 75 RASTOPCHINA-SHAKHOVSKAYA A.N., SHUSTOV B.M. All-Russian Astronomical Conference VAK-2017
- 81 Conference on Astrophysics

HYPOTHESES, DISCUSSIONS, SUGGESTIONS

- 90 RODKIN M.V. Mass Spontaneous Social Cataclysms and Geomagnetic Activity
- 98 SHCHIV'YOV V.I. Celestial Calendar: July-August 2018

CHRONICLES OF THE EARTH'S SEISMICITY

- 107 STAROVOYT O.E., CHEPKUNAS L.S., KOLOMIETS M.V. Seismicity of the Earth in the Second Half of 2017

Редакционная коллегия:

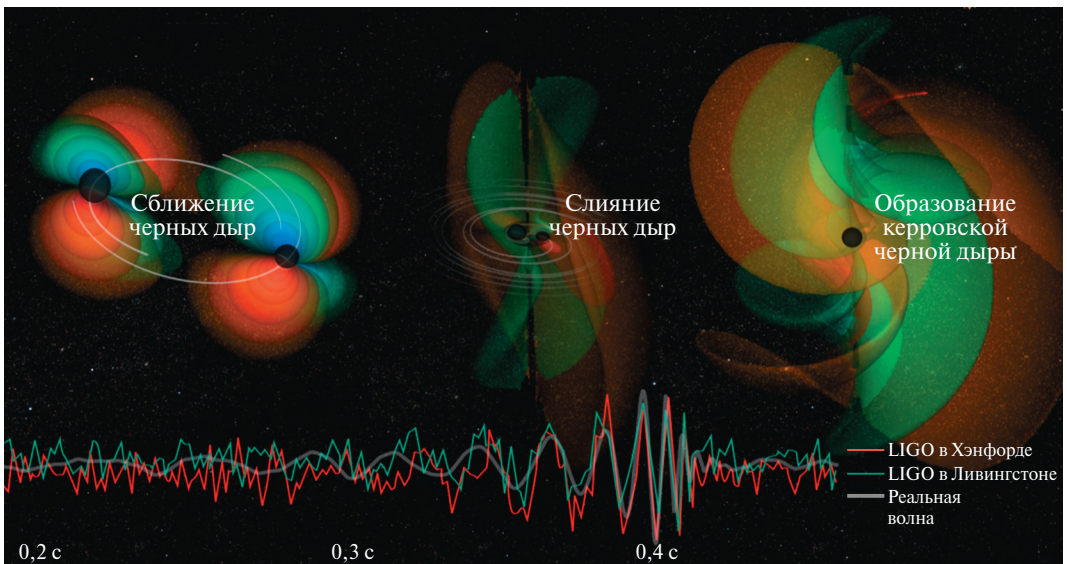
и. о. главного редактора доктор физ.-мат. наук С.П. ПЕРОВ,
зам. главного редактора академик В.М. КОТЛЯКОВ,
летчик-космонавт П.В. ВИНОГРАДОВ,
кандидат филологических наук О.В. ЗАКУТНЯЯ,
академик Л.М. ЗЕЛЁНЫЙ, доктор исторических наук К.В. ИВАНОВ,
летчик-космонавт А.Ю. КАЛЕРИ, кандидат физ.-мат. наук О.Ю. ЛАВРОВА,
доктор физ.-мат. наук А.А. ЛУТОВИНОВ, доктор физ.-мат. наук О.Ю. МАЛКОВ,
доктор физ.-мат. наук И.Г. МИТРОФАНОВ, академик И.И. МОХОВ,
член-корр. РАН И.Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук К.А. ПОСТНОВ,
доктор физ.-мат. наук М.В. РОДКИН,
научный директор Московского планетария Ф.Б. РУБЛЁВА,
член-корр. РАН А.Л. СОБИСЕВИЧ, член-корр. РАН В.А. СОЛОВЬЁВ,
академик А.М. ЧЕРЕПАЩУК, доктор физ.-мат. наук В.В. ШЕВЧЕНКО,
член-корр. РАН Б.М. ШУСТОВ

Триумф мировой науки

Долгая, трудная, дорогостоящая и поистине детективная история в экспериментальной физике, длившаяся более 50 лет, завершилась триумфальным достижением всего современного естествознания и мировой науки – были созданы уникальные установки, которые 14 сентября 2015 г. впервые смогли зарегистрировать предсказанные

А. Эйнштейном еще в 1916 г. загадочные и неуловимые гравитационные волны. Этот сигнал пришел к нам от мощного взрыва – слияния двух черных дыр, произошедшего более миллиарда лет назад. После тщательной обработки, проверки и анализа данных от этого события, получившего обозначение GW150914, 11 февраля

2016 г. мир облетело сенсационное сообщение – гравитационные волны, наконец, зарегистрированы, и измерены их основные характеристики. По мнению ученых, это – одно из самых выдающихся достижений мировой науки. После события GW150914, в период до августа 2017 г., обнаружены сигналы еще от четырех похожих



Этапы слиянии двух очень компактных объектов массами $29 \pm 4 M_{\odot}$ и $36 \pm 4 M_{\odot}$, образовавших керовскую черную дыру массой около $62 M_{\odot}$, находящуюся в 1,3 млрд св. лет от нас. Это событие – GW150914 – произошло 14 сентября 2015 г. и создало гравитационные волны, которые были впервые зарегистрированы (см. на рисунке внизу) двумя наземными лазерными интерферометрами LIGO (США). Рисунок LIGO.



Пресс-конференция в ИКИ РАН: А.А. Лутовинов, В.И. Пустовойт, С.П. Вятчанин и В.П. Митрофанов. 16 октября 2017 г.

событий, случившихся в дальних уголках Вселенной сотни миллионов лет назад. В октябре 2017 г. за открытие гравитационных волн на установке LIGO была присуждена Нобелевская премия по физике Р. Вайссу, К. Торну и Б. Бэришу (США).

Тысячи ученых из 16-ти стран и 80-ти институтов принимали участие в этом проекте. И здесь очень важно отметить огромный вклад российских ученых, которые не только участвовали (и продолжают активно участвовать) в создании самой установки и ее модернизации, но фактически и являются

основоположниками наиболее эффективного метода регистрации гравитационных волн. Более полувека назад (в 1962 г.) молодые советские физики М.Е. Герценштейн и В.И. Пустовойт выдвинули и блестяще обосновали идею: использовать для регистрации гравитационных волн классическую схему интерферометра Майкельсона, включив в нее в качестве источника электромагнитного излучения только что тогда созданный квантовый генератор, впоследствии получивший в науке название лазер. Именно эта схема была использована при создании интер-

ферометра LIGO. Президент РАН академик А.М. Сергеев заявил, что «Владислав Иванович Пустовойт, наш знаменитый академик, ныне здравствующий, безусловно заслуживает того, чтобы быть в числе Нобелевских лауреатов по детектированию гравитационных волн». «Группа из МГУ под руководством В.Б. Брагинского и ученые из Калифорнийского технологического института вместе создали революционную технологию», – констатирует Нобелевский лауреат Кип Торн, считающий себя также учеником выдающегося советского

физика и астрофизика Я.Б. Зельдовича.

С конца августа 2017 г. в международном сообществе астрофизиков и астрономов, а также в средствах массовой информации стали циркулировать слухи о том, что в обсерваториях LIGO (США) и Virgo (Италия) 17 августа 2017 г. было зарегистрировано новое гравитационно-волновое событие. Его отличительной особенностью стало то, что космические обсерватории “Интеграл” и “Ферми” синхронно с гравитационным сигналом зафиксировали гамма-всплеск. С помощью наземных телескопов ученые вскоре обнаружили соответствующий сигнал в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном диапазонах, а в заключительной стадии – в рентгеновском и радиодиапазонах. Назревала сенсация, поэтому было решено провести 16 октября 2017 г. пресс-конференции одновременно в разных городах мира и объявить о новом открытии в гравитационно-волновой астрономии, а также опубликовать подготовленные за эти полтора-два месяца многочисленные статьи. В Москве состоялись даже две пресс-конференции, сопровождавшиеся докладами на научных семинарах.

В ГАИШ МГУ, в рамках общемосковского семинара астрофизиков им.

Я.Б. Зельдовича (ОСА), прошла пресс-конференция российских представителей команды LIGO и сети телескопов-роботов “МАСТЕР” МГУ. Доклады сделали профессора МГУ Ф.Я. Халили, В.М. Липунов, научный сотрудник Физико-технического института РАН им. А.Ф. Иоффе Д. Свинкин и другие.

Этой же теме были посвящены научная сессия “Интеграл: на пороге новой астрофизики” и большая пресс-конференция, которые состоялись в ИКИ РАН. В ней приняли участие руководитель одной из двух российских групп, участвующих в проекте LIGO: профессора МГУ В.П. Митрофанов и С.В. Вятчанин, академик В.И. Пустовойт, а также сотрудники ИКИ РАН – доктор физико-математических наук профессор РАН А.А. Лутвинов, представляющий российских ученых в проекте “Интеграл”, непосредственно принимавший участие в обработке данных обсерватории, и научный сотрудник института А.А. Вольнова из группы быстропеременных источников, наблюдавших за событием в оптическом диапазоне.

Сессию открыл директор ИКИ РАН академик Л.М. Зеленый. Он отметил, что 17 октября 2017 г. исполняется 15 лет со дня запуска уникальной международной орби-



Академик В.И. Пустовойт на пресс-конференции в ИКИ РАН. 16 октября 2017 г.

тальной обсерватории “Интеграл” (ESA), предназначенной для исследований наиболее энергетических процессов во Вселенной (в том числе регистрации слияний нейтронных звезд, а также других возможных экзотических объектов в жестком рентгеновском и гамма-диапазонах. Обсерватория была запущена на орбиту 17 октября 2002 г. с помощью



Выступает академик Л.М. Зелёный.



Докладывает доктор физико-математических наук профессор РАН А.А. Лутовинов.

российской ракеты-носителя “Протон” с космодрома Байконур (Земля и Вселенная, 2003, № 2). За этот вклад в проект российские ученые получили право на 25% всех данных обсерватории. Кроме того, благодаря специальной схеме запуска спутника, предложенной сотрудником ИКИ РАН, ведущим специалистом по небесной механике и расчету траекторий движения космических аппаратов Н.А. Эйсмонт и филигранной точности его выведения, удалось сохранить значительное количество топлива. Это позволило обсерватории успешно работать на орбите более 15 лет, передавая важнейшую информацию о космических событиях и источниках излучения в рентгеновском и гамма-диапазонах (в том числе и о гамма-всплесках, возникающих в момен-

ты слияния различных объектов).

Роль России в успехе проекта “Интеграл”, а также важность сотрудничества между российскими и европейскими учеными, инженерами и конструкторами была отмечена в сообщении директора представительства ESA в России доктора Рене Пишеля. Проект “Интеграл” стал отправной точкой в научном сотрудничестве Европейского и Российского космических агентств, пример и наработки которого впоследствии были использованы при реализации других совместных проектов, в том числе и проекта “ЭкзоМарс”.

Заведующий лабораторией Отдела астрофизики высоких энергий ИКИ РАН А.А. Лутовинов представил обзорный доклад, в котором рассказал о результатах, полученных учеными, использовавшими данные обсерватории “Интеграл”. В докладе было отмечено, что для этой обсерватории впервые в России был реализован принцип национальной обсерватории, заключающийся в том, что любой российский ученый может получить на конкурентной научной основе доступ к получаемым с помощью обсерватории данным и возможность работы с ними. Для реализации этой задачи в ИКИ РАН был создан Российский Центр

Научных Данных (РЦНД). Ученый уделил внимание подробностям первой регистрации слияния нейтронных звезд в гамма-диапазоне с помощью космических обсерваторий “Интеграл” и “Ферми” (как было отмечено выше, они зарегистрировали всплески излучения синхронно с сигналами, полученными обсерваториями LIGO и Virgo) и их последующей интерпретации. Одной из важнейших характеристик события W 170817 стала регистрация гамма-излучения и гравитационной волны с запаздыванием в $\sim 1,7$ с между ними. Это позволило сделать заключение о том, что скорость распространения гравитационных волн с высочайшей точностью соответствует скорости света (как это предсказывалось Общей теорией относительности). Еще одним следствием, ставшим результатом совместного анализа данных, полученных гравитационными и гамма-обсерваториями, явилось уточнение принципа эквивалентности (в данном случае, влияния гравитации на распространение электромагнитных и гравитационных волн) почти на два порядка.

Ключевым моментом в исследовании стало то, что команды LIGO/Virgo опубликовали не только данные о гравитационно-волновом событии, предположительно связан-

ном со слиянием двух нейтронных звезд, но и указали приблизительное расстояние до этого события – около 40 Мпк. Таким образом, открытие оптического послесвечения было лишь делом времени. Первым его зафиксировали с помощью телескопа “Swope” (Чили): был обнаружен новый объект на окраине эллиптической галактики NGC 4993 в созвездии Гидра. После сообщения о регистрации нового источника излучения подтверждения и характеристики его излучения посыпались как из рога изобилия (отметим заслугу системы роботов-телескопов “Мастер” – она одна из первых “увидела” этот источник). Вскоре на новый объект были наведены большие наземные телескопы VLT, SALT, “Magellan” и космическая обсерватория им. Хаббла, которые стали исследовать спектр объекта; стало ясно, что он очень необычен и чрезвычайно быстро меняется. Последнее указывало на то, что новый объект, по всей видимости, не является новой или сверхновой звездой, но в то же время обладает всеми признаками килоновой, которая должна возникать при слиянии нейтронных звезд.

Об известных всему миру работах группы члена-корреспондента



Член-корреспондент РАН В.Б. Брагинский и профессор К. Торн. 2000-е гг.

РАН В.Б. Брагинского (1931–2015, физический факультет МГУ) рассказали сотрудники университета – соавторы этого выдающегося открытия профессора В.П. Митрофанов и С.П. Вятчанин, представлявшие одну из двух российских групп, входящих в команду LIGO. Напомним, что в другую группу, под руководством академика А.М. Сергеева, входили ученые из Института прикладной физики РАН (Нижний Новгород).

Научный сотрудник ИКИ РАН А.А. Вольнова представила результаты оптических наблюдений послесвечения этого события и теоретической интерпретации полученных результатов. Оказалось, что по своим спектральным характеристикам и виду

кривой блеска объект похож на известные ранее короткие гамма-всплески, однако обладает на несколько порядков меньшей светимостью. Наиболее логичное объяснение этого факта состоит в том, что мы наблюдаем источник под большим углом (в отличие от других гамма-всплесков, которые мы видим близко к оси релятивистского выброса, возникающего в момент слияния). Для объяснения уникальных наблюдательных свойств источника в гамма-диапазоне была предложена физическая модель, которую предстоит проверить в дальнейших наблюдениях.

Таким образом, стало ясно – наука в последнее время совершила новый гигантский прорыв в тайны Вселенной,

сравнимый с появлением первого телескопа Г. Галилея, опытами М. Фарадея, с открытием рентгеновского излучения, радиоволн и бурным развитием внеатмосферной астрономии.

Открытие гравитационных волн – сначала от слияния черных дыр, а

теперь и от сливающихся нейтронных звезд – представляет собой поистине историческое событие и триумф науки, триумф общей теории относительности и предсказаний А. Эйнштейна.

Редакция благодарит доктора физико-мате-

матических наук Александра Анатольевича Лутовинова за помощь в подготовке публикации.

Сообщение подготовлено редакцией журнала на основе материалов с сайта

ИКИ РАН (www.cosmos.ru)

Информация

Скопления галактик очень большой массы

В результате систематического поиска с помощью различных оптических телескопов недавно обнаружено семь *новых далеких* (на расстоянии несколько миллиардов световых лет от нас) гигантских скоплений галактик на красных смещениях $z = 0,8$, масса каждого из них составляет около $6 \times 10^{14} M_{\odot}$. Многие более близкие скопления большой массы уже известны, тогда как на красных смещениях выше $z = 1$ массивных скоплений не должно быть из-за космологической эволюции. На больших расстояниях возраст Вселенной составляет приблизительно 6 млрд лет – всего около 40% современного, поэтому большие скопления к этому времени не успели образоваться. Такие объекты чрезвычайно редки, например, на красных смещениях



Примеры оптического отождествления массивных скоплений галактик на высоких красных смещениях, $z \approx 0,8$. Галактики в центрах изображений – это члены скоплений; белым показаны более близкие объекты. ИКИ РАН.

выше $z = 0,7$ на всем небе известно лишь 12 огромных скоплений. По-видимому, в скором времени будут обнаружены все скопления галактик массой более чем в 30 тыс. раз больше массы нашей Галактики ($4,8 \times 10^{11} M_{\odot}$) в наблюдаемой части Вселенной. Это — наглядное проявление того, что наблюдаемая часть Вселенной имеет конечный размер.

Открытия сделали российские астрофизики и их коллеги, используя второй каталог обзора неба PSZ2, составленный по данным космической обсерватории “Планк” (Земля и Вселенная, 2014, № 1). Поисками и отождествлением крупных скоплений галактик из каталога “Планка” с помощью оптических телескопов был занят большой научный коллектив, в который входят ученые ИКИ РАН, Казанского федерального университета, Института солнечно-земной физики СО РАН, Специальной астрофизической обсерватории РАН, а также Государственной обсерватории ТУБИ-ТАК (Анталья, Турция), Обсерватории Канарского института астрофизики (Тенерифе, Испания), Института космической астрофизики (Орсэ, Франция),

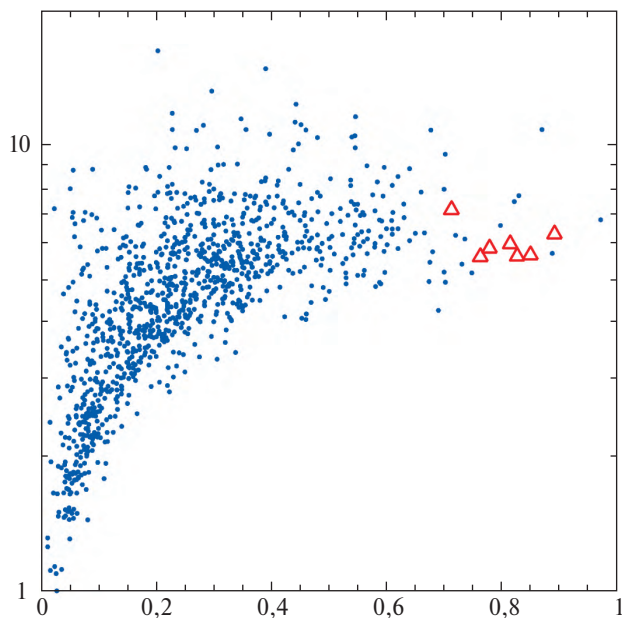


График соотношения между красным смещением (по горизонтали) и массой для скоплений галактик (по вертикали), отождествленных в каталоге “Планка” (точки) и в недавних исследованиях (треугольники). На красных смещениях (около $z = 0,8$) новые данные примерно удваивают число известных скоплений галактик массой более $10^{13} M_{\odot}$. ИКИ РАН.

Института астрофизики общества им. Макса Планка (Гархинг, Германия).

Для поиска скоплений были использованы данные различных обзоров неба в оптическом и инфракрасном диапазонах. Наблюдения в видимом спектре проводились, в основном, на российс-

ких телескопах: 1,5-м российско-турецком РТТ-150, 1,6-м Саянской обсерватории и 6-м – СО САО РАН. Кроме того, некоторая часть необходимых данных была получена на 3,5-м телескопе обсерватории Калар Альто (Испания).

*Пресс-релиз ИКИ РАН,
23 января 2018 г.*

Гравитационные волны – вестники космических катастроф

К.А. ПОСТНОВ,
доктор физико-математических наук
ГАИШ МГУ

В то время, когда готовилась к печати эта статья (конец ноября 2017 г.), термин “гравитационные волны” прочно вошел в лексикон не только научных книг и журналов, и само явление стало популярной темой для обсуждения в средствах массовой информации (Земля и Вселенная, 2018, № 1). Предсказанные в 1916 г. в работах А. Эйнштейна, гравитационные волны были впервые экспериментально зарегистрированы двумя наземными лазерными интерферомет-



рами LIGO (от англ. Laser Interferometry Gravitational wave Observatory; Земля и Вселенная, 2016, № 4) в США 14 сентября 2015 г.

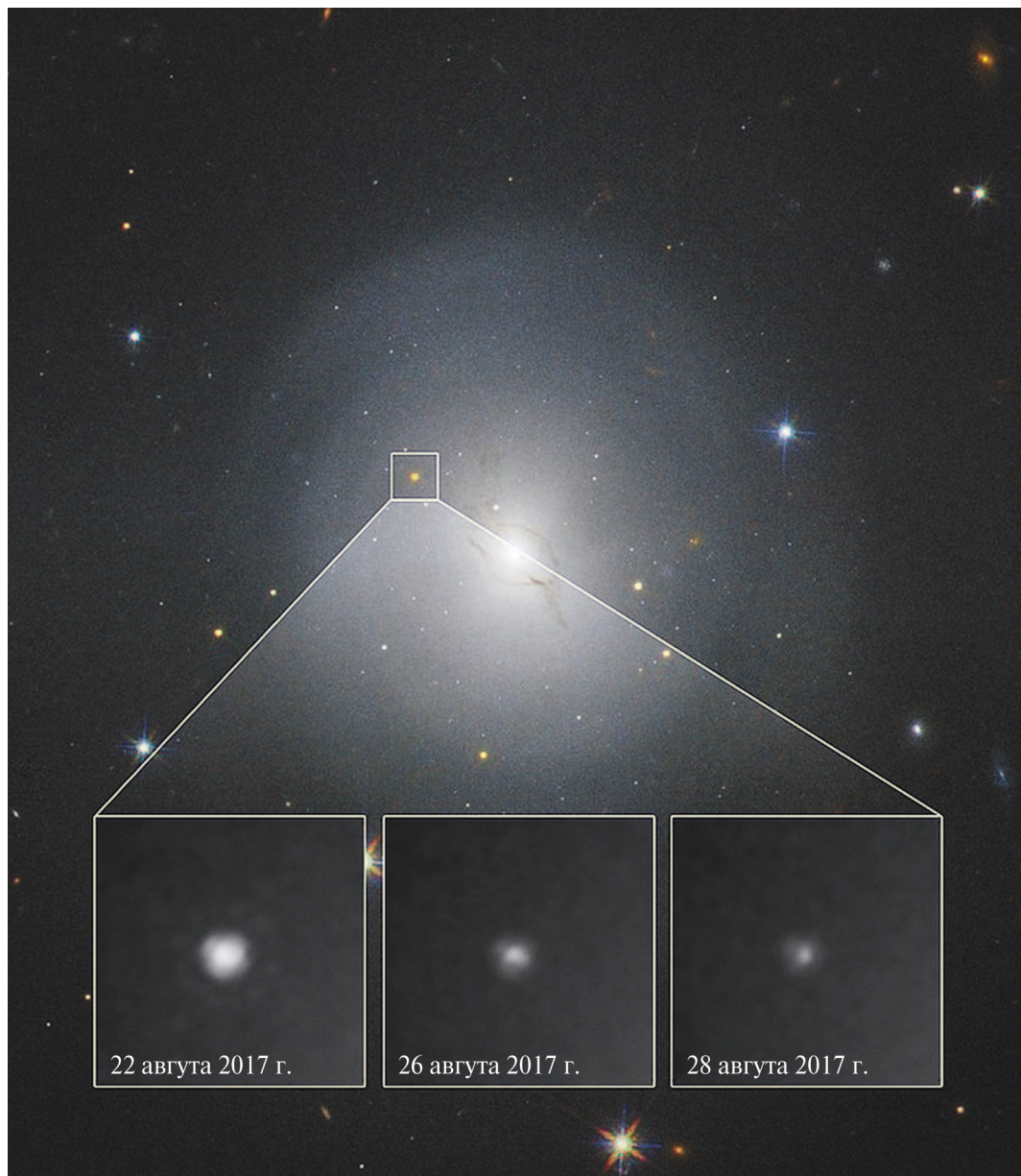
(событие GW150914). Это открытие положило начало возникновению и развитию новой ветви науки – гравитационно-волновой астрономии. Блестящим подтверждением фундаментальности их экспериментального обнаружения стало присуждение Нобелевской премии по физике в 2017 г. трем ведущим ученым из проекта LIGO – Райнеру Вайссу, Барри Баришу и Кипу Торну, которые стояли у истоков проекта LIGO и внесли определяющий вклад в его успех.

За прошедшие два года детекторы LIGO (и с августа 2017 г. европейский детектор VIRGO) уже зарегистрировали 6 надежных событий. Пять из них оказались результатом слияния двойных систем – черных дыр с массами от примерно $9 M_{\odot}$ до $31 M_{\odot}$; одно событие (GW170817) явилось результатом сли-

яния двойных нейтронных звезд, оно сопровождалось электромагнитным излучением: от радио- до гамма диапазона. Анализ данных продолжается, и к моменту выхода этой статьи число событий, возможно, еще увеличится. Цель предлагаемой статьи – дать читателю представление о наи-

более важных физических и астрофизических следствиях открытия и изучения гравитационных волн за последние два года. Для более глубокого ознакомления с гравитационно-волновой тематикой рекомендуем читателю ознакомиться с уже опубликованными статьями¹, а также с

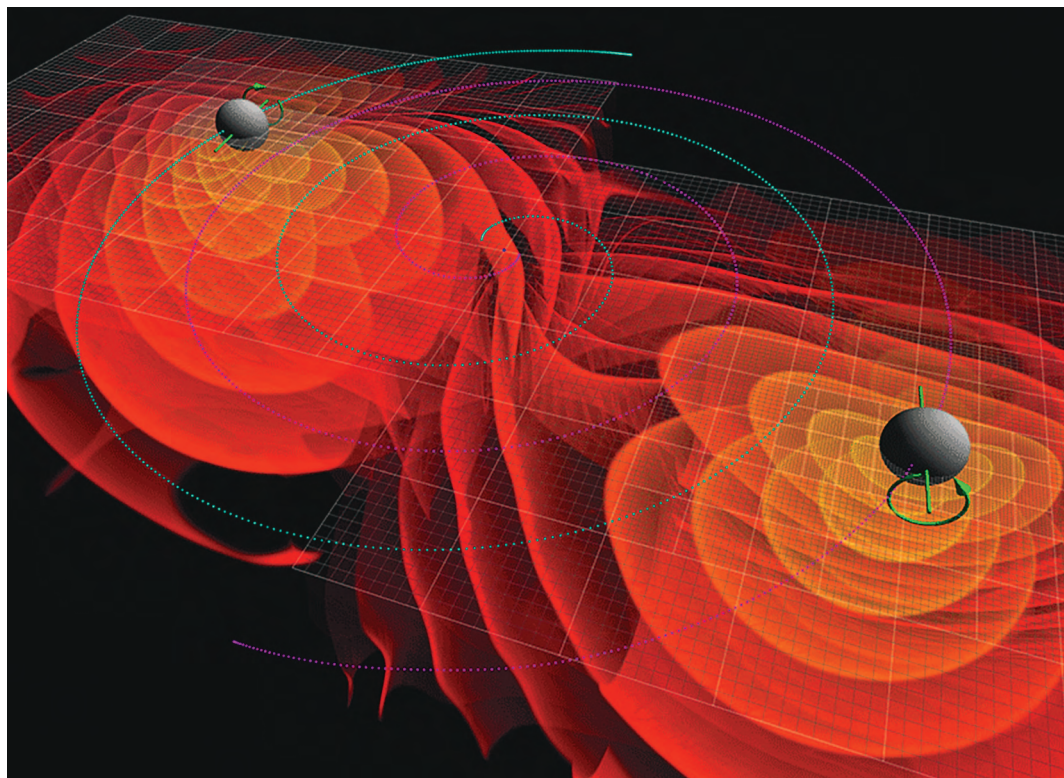
¹ Журнал “Успехи фундаментальных наук”, 2017. Т. 187. С. 883–914.



Место локализации в галактике NGC 4993 (созвездие Гидры) первого зарегистрированного гравитационно-волнового всплеска GW170817, произошедшего в результате слияния двух нейтронных звезд. Зарегистрирован 17 августа 2017 г. Оптическое послесвечение гамма-всплеска GRB170817A (см. врезку) наблюдалось 22, 26 и 28 августа 2017 г. с помощью KTX. Фото NASA.

более ранним обзором жука “Открытие гравита- этап в исследованиях академика А.М. Черепа- ционных волн: новый- черных дыр”².

² Журнал “Успехи фундаментальных наук”, 2016. Т. 186. С. 1001–1010.



Модель излучения гравитационных волн в виде “ряби”, возникающей при сближении черных дыр. Рисунок К. Хенце (Исследовательский центр Эймса, NASA).

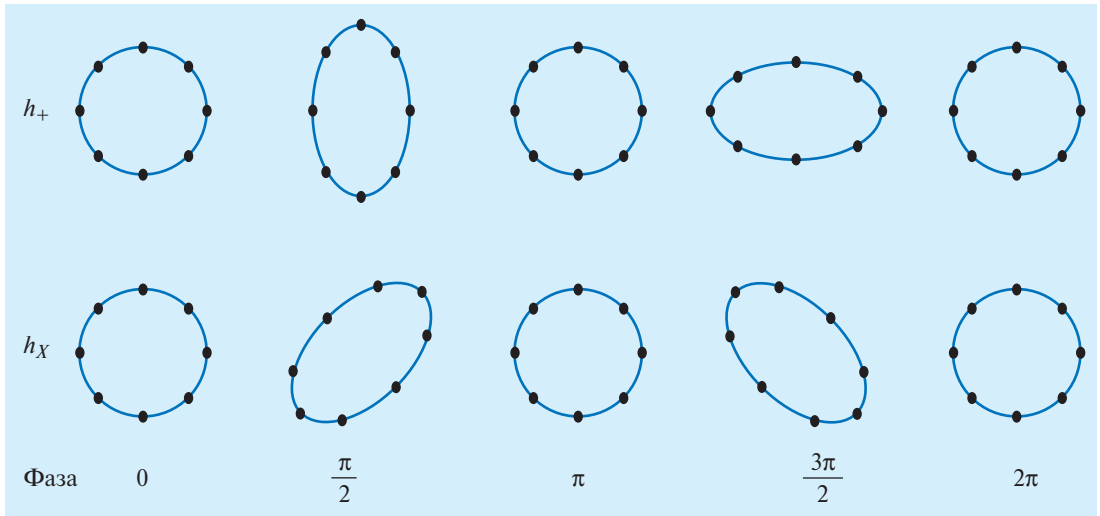
ОТЛИЧИЕ ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ

Часто гравитационные волны (ГВ) называют “рябью” (или “сладками») пространства-времени, распространяющимися со скоростью света, что выражает довольно точно явление. Представим гладкую поверхность Мирового океана с ровным, искривленным лишь шарообразностью Земли горизонтом, на фоне этой гладкой поверхности всегда есть волны, которые распространяются в

различных направлениях. Морские волны переносят энергию и импульс (во время шторма – весьма значительные!). В теории гравитации А. Эйнштейна – общей теории относительности (ОТО) – гравитация есть искривление пространства-времени; ГВ – слабые возмущения кривизны, распространяющиеся на фоне “средней”, плавно меняющейся от точки к точке кривизны пространства-времени. (В ОТО пространство и время – равноправные сущности,

которые не существуют независимо друг от друга, как в теории Ньютона). Еще более глубокая аналогия гравитационных волн с электромагнитными волнами (ЭВ) в вакууме. В обоих случаях ГВ и ЭВ в пустом пространстве распространяются с одной и той же фундаментальной скоростью – скоростью света.

ГВ и ЭВ различаются “характером” и взаимодействием: если ЭВ действуют только на пробные частицы, обладающие электрическим за-



Виды приливного действия гравитационных волн на пробные массы (отмечены точками). Гравитационная волна распространяется перпендикулярно плоскости рисунка. Верхний ряд – поляризация h_+ , нижний – h_x ; внизу показана фаза волны.

рядом, то ГВ действуют на любые тела и частицы (в том числе на незаряженные и без массы: например, на фотоны), отклоняя их траектории движения. Как и ЭВ, ГВ обладают двумя поляризациями – независимыми и неустраняемыми никакими преобразованиями компонентами. Однако, если для ЭВ это, как в случае линейной поляризации, есть плоскость, в которой с частотой волны колеблется вектор электрической или магнитной напряженности поля, то для ГВ состояние поляризации определяется двумерным полем приливных ускорений. Они действуют на свободные, не связанные никакими силами (кроме внешних гравитационных),

пробные частицы с малыми массами так, чтобы можно было пренебречь взаимным гравитационным взаимодействием). Произвольное переменное, с частотой ГВ, поле ускорений всегда можно разложить на эти две составляющие – h_+ и h_x . Амплитуда ЭВ характеризуется модулем вектора электрической или магнитной напряженности, являющиеся размерными величинами – зависят от выбранной системы единиц: например, величина напряженности магнитного поля в системе единиц СГСЭ измеряется в Эрстедах или Гауссах. Амплитуда гравитационной волны, в отличие от ЭВ, – это безразмерная величина; она характеризуется просто

числом, показывающим относительное изменение расстояния L между пробными частицами при прохождении ГВ: $h = \Delta L/L$. Так же, как и амплитуда ЭВ, амплитуда ГВ обратно пропорциональна расстоянию до источника: $h \sim 1/r$.

Как и ЭВ, ГВ переносят энергию и импульс; причем поток энергии, переносимый ГВ, пропорционален квадрату ее амплитуды и квадрату частоты: $F \sim h^2 f^2$. Отметим, что перенос энергии и импульса ГВ долгое время (вплоть до 1960-х гг.) оставался предметом научной дискуссии. Признание того, что ГВ переносят энергию и импульс, а значит, могут совершать работу над пробными телами, и послужило толч-

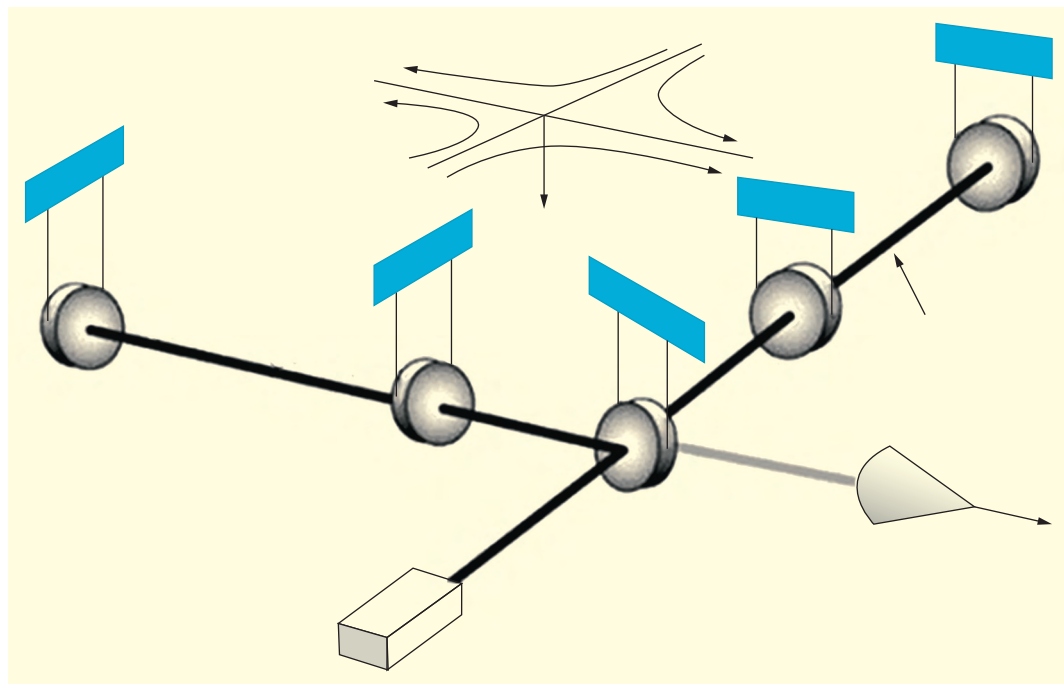


Схема лазерного интерферометра Майкельсона, применяемого для регистрации гравитационных волн. Для увеличения чувствительности в каждое "плечо" интерферометра добавлено дополнительное зеркало, создающее резонатор Фабри–Перо, внутри которого свет многократно отражается, что эффективно увеличивает время его в интерферометре и чувствительность. Падающая волна растягивает и сжимает "плечи" интерферометра, меняя интерференционную картину на фотодетекторе.

ком к развитию методов их экспериментального детектирования.

ЛАЗЕРНЫЕ ИНТЕРФЕРОМЕТРЫ

Функционирование современных лазерных интерферометров (подобных LIGO) описано с использованием метода, предложенного советскими физиками М.Е. Герценштейном и В.И. Пустановой в ключевой статье, опубликованной

в 1962 г.³ вскоре после изобретения лазеров. В этом методе детектором ГВ является классический интерферометр Майкельсона, конечные зеркала которого играют роль пробных масс. При прохождении ГВ (скажем, перпендикулярно плоскости, образованной "плечами" интерферометра) зеркала периодически изменяют их взаимное расположение, причем за период колебаний ГВ относительное изменение

длины "плечей" интерферометра составляет $\Delta L/L = \frac{1}{2} h$. Если в интерферометр "запустить" когерентное лазерное излучение, то в результате интерференции света на фотодетекторе образуется интерференционная картина; когда число интерферирующих длин волн целое, то будет наблюдаться максимум яркости, когда полуцелое – минимум.

Интерференционная картина очень чувстви-

³ "Журнал экспериментальной и теоретической физики", 1962. Т. 43. С. 605.

Наземные лазерные интерферометры: а – LIGO (Хэнфорд, США), б – VIRGO (Италия). Фото NSF/LIGO.

тельна к изменению длины L – современные методы позволяют регистрировать изменение интенсивности интерференционной картины при изменении длины “плеча” в одну миллиардную долю длины волны видимого света (около 500 нм). Это позволяет использовать лазерные интерферометры для регистрации чрезвычайно малых смещений, вызываемых ГВ (типичные амплитуды регистрируемых сейчас ГВ – порядка 10^{-21}). Для того, чтобы достичь такой чувствительности, лазерные интерферометры делают очень большими, с характерной длиной “плеч” в 3–4 км, а их схема – гораздо более сложная, чем простейший интерферометр Майкельсона; однако принцип их работы остался неизменным.

В настоящее время действуют четыре интерферометра: два LIGO (длиной 4 км) – в США, VIRGO – в Италии (3 км) и GEO-600 (0,6 км) – в Германии. Строится 3,5-км подземный детектор KAGRA в Японии и “близнец” LIGO – в Индии. Сеть интерферометров необходима для более точного



определения направления прихода ГВ. Каждый интерферометр является практически всенаправленным детектором, поэтому для того, чтобы определить направление прихода ГВ, требуются как минимум три детектора: по измерению времени задержки сигнала на двух детекторах на небесной сфере вырезается относительно узкое кольцо, а пересечение

колец от разных пар дает два “пятна” возможного направления на источник. Синхронная работа двух детекторов LIGO и детектора VIRGO в августе 2017 г. позволила локализовать источник GW170817 от слияния двух нейтронных звезд в области площадью около 30 квадратных градусов. Это позволило обнаружить электромагнитный сигнал, сопровождавший

эту грандиозную космическую катастрофу, в которой ультраплотное вещество разрываемых приливными силами нейтронных звезд породило жесткое электромагнитное излучение.

ГРАВИТАЦИОННЫЕ СИГНАЛЫ – “КОСМИЧЕСКИЕ СИРЕНЫ”

Что же ищут гравитационно-волновые интерферометры? – Для ответа на этот вопрос остановимся на источниках ГВ. Читатели, не знакомые с теорией кеплеровского движения в объеме младших курсов университетов, могут сразу же перейти к следующей рубрике, приняв на веру три важнейших утверждения:

– для обнаружения гравитационного сигнала на фоне шумов необходимо как можно точнее знать его частотные характеристики (форму);

– измерение формы гравитационного сигнала от сливающейся двойной системы позволяет сразу же измерить комбинацию масс компонентов систе-

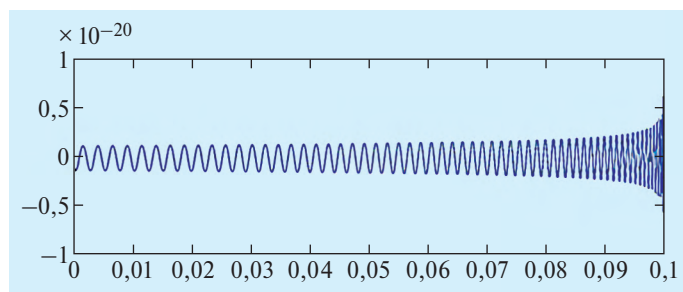
мы (общую массу, или “чирп-массу”);

– параметры гравитационного сигнала от сливающейся двойной системы позволяют измерить расстояние до источника.

Как известно, в классической электродинамике источником электромагнитного излучения являются движущиеся ускоренно электрические заряды: более точно, важна отличная от нуля вторая производная по времени от дипольного момента системы зарядов. В гравитации все “заряды” (массы) имеют один знак, поэтому, например, для двух тяготеющих масс M_1 и M_2 дипольный момент равен нулю в системе центра масс. Не дает вклад в излучение и магнитный дипольный момент, связанный с движением масс (в силу закона сохранения момента количества движения), поэтому низший порядок гравитационного излучения – квадрупольный. Для того, чтобы система масс излучала гравитационные волны, должна быть отличная от нуля вторая

производная квадрупольного момента системы, а поток энергии ГВ определяется квадратом третьей производной от квадрупольного момента системы масс. Сферически-симметричные движения системы (например, вращение вокруг оси симметрии) не приводят к излучению ГВ, так как при этом квадрупольный момент системы не изменяется. Если m – характерная масса, а R – размер системы (например, расстояние между телами в двойной системе), то квадрупольный момент по порядку величины равен $I \sim mR^2$. Для периодически изменяющегося со временем T (или частотой $f = 1/T$) квадрупольного момента I для источника, находящегося на расстоянии r , получаем оценку амплитуды ГВ: $h \sim 10^{-21} (E_k/M_\odot c^2; 100 \text{ Мпк}/r)$, где E_k – кинетическая энергия несферически симметричных движений масс, производящих гравитационное излучение. Из этой, основной, формулы видно, что даже при огромной кинетической энергии движения – по-

Типичная форма гравитационного сигнала (в единицах безразмерной амплитуды ГВ h) от сливающихся тесных двойных систем (“чирп-сигнал”). Сигнал от сливающихся черных дыр может быть сложнее из-за наличия собственного вращения (спина) у компонентов двойной системы. NSF/LIGO.



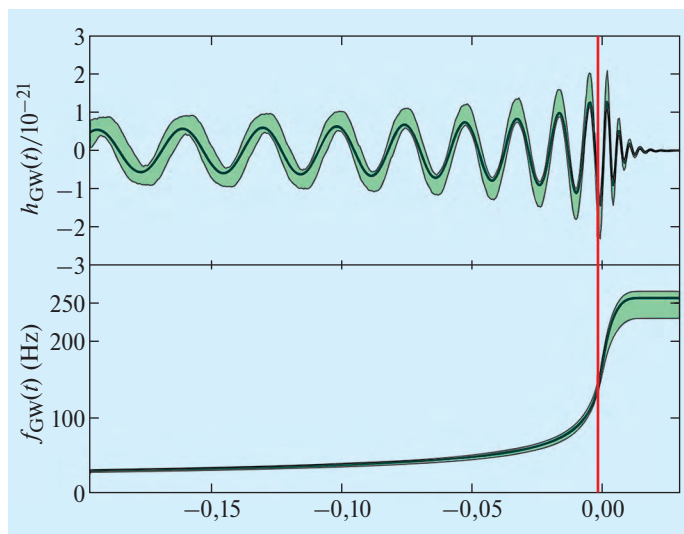
рядка массы покоя Солнца (2×10^{54} эрг) – амплитуда ГВ от космического источника на расстоянии 100 Мпк (326 млн св. лет) ничтожно мала!

Важнейший пример астрофизического источника ГВ – излучение от двойных звезд с массами M_1 и M_2 . В случае тесных двойных систем излучение ГВ приводит к потере энергии орбитального движения и сближению компонентов, которые (с хорошей точностью практически вплоть до слияния) находятся на кеплеровской орбите.

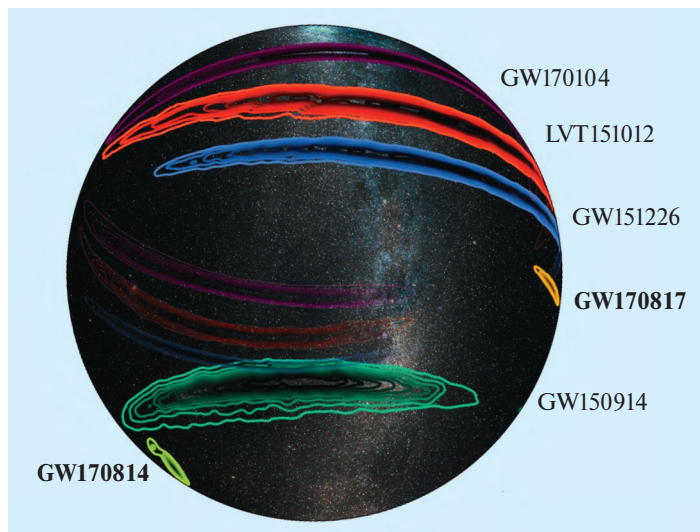
Именно сигналы такой формы, в первую очередь, ищут при анализе данных наблюдений ГВ лазерными интерферометрами. Извлечение сигналов ГВ из зашумленных данных при работе гравитационных интерферометров – очень сложная задача. Упрощенно эту процедуру, называемую методом оптимальной фильтрации, можно описать следующим образом. Для достижения требуемой чувствительности и повышения отношения сигнала к шуму записи детекторов о положении зеркал (пробных масс) интерферометров (фактически наблюдаемый сигнал) на фотодетекторе необходимо сравнить с огромным набором возможных форм сигнала ГВ с различными параметрами. Если сигнал есть, то корреляция окажется положительной для

определенного набора параметров, если сигнала нет – то корреляции не будет. Так как шумы возникают в интерферометре очень сложной конструкции, с множеством обратных связей, и часто могут иногда принимать форму, близкую к ожидаемой от возможных астрофизических источников, то для регистрации сигнала ГВ требуются, как минимум, два интерферометра, разнесенных на большое расстояние (тысячи километров), с примерно одинаковой чувствительностью. Тогда, если сигнал

есть в одном интерферометре, то он появится и в другом – с задержкой, определяемой временем прохождения гравитационной волной проекции расстояния между интерферометрами на направление распространения волны (в случае интерферометров LIGO – в несколько миллисекунд). Подчеркнем здесь важность знания априорной формы сигнала ГВ: чем точнее она известна, тем с большей уверенностью (с большим отношением сигнала к шуму) сигнал можно обнаружить. В этом – важное отли-



Гравитационно-волновой всплеск GW150914 от источника – образовавшейся черной дыры массой $62 \pm 4 M_{\odot}$, находящейся в 1,3 млрд св. лет от нас. Вверху – форма сигнала в первом источнике (широкая полоса) и модельное описание сигнала от сливающихся черных дыр с массами около $30 M_{\odot}$ (тонкая сплошная линия); внизу – частота сигнала гравитационной волны от времени ($t = 0$, что соответствует образованию конечной черной дыры). Заметен “послезвон” горизонта событий – экспоненциально спадающие колебания после слияния черных дыр. NSF/LIGO.



Области локализации на небесной сфере источников гравитационных волн, обнаруженных двумя интерферометрами LIGO (GW150914, LVT151012, GW151226, GW170104) и тремя интерферометрами LIGO/VIRGO (GW170814, GW170817). LIGO/Virgo/NASA / Л. Сингер.

чие от традиционной регистрации электромагнитных волн: детекторы электромагнитного излучения измеряют энергию (в радиодиапазоне – непосредственно амплитуду напряженности поля) световых потоков при взаимодействии квантов света с материалом детектора, и форма сигнала (временная зависимость) при этом не играет принципиальной роли.

Отметим еще одну важную особенность сигнала ГВ от сливающихся двойных систем: зная, как изменяется частота принимаемого сигнала ГВ от времени, мы получаем возможность непосредственного измерить комбинацию масс компонентов, называемую “чирп-массой”: $(\mu^3 M^2)^{1/5}$, здесь $M = M_1 + M_2$ – полная масса системы, $\mu = M_1 M_2 / M$ – приведенная масса. Учтем, что амплитуда ГВ при слиянии двойных систем зависит

именно от такой комбинации масс. Следовательно, измеряя амплитуду ГВ на определенной частоте $h(f)$, получаем возможность прямого определения расстояния до источника. В этом – уникальное отличие сигналов ГВ, испускаемых сливающимися двойными системами, от электромагнитных волн: для последних определение расстояния до источника только по принимаемому сигналу невозможно. Проблема определения расстояний до космических источников в астрономии – одна из самых трудных; а в случае сливающихся тесных двойных систем расстояние до источника сразу же определяется по форме сигнала ГВ.

слияние двойных черных дыр

После нескольких лет интенсивных работ по

улучшению чувствительности лазерных интерферометров LIGO был зарегистрирован (14 сентября 2015г.) первый в истории гравитационно-волновой сигнал (об истории открытия первого сигнала можно подробно прочитать в статье: <http://adsabs.harvard.edu/abs/2016Univ....2...22C>. Частота и форма сигнала от первого источника ГВ, получившего название GW150914 (по дате открытия), свидетельствовали о слиянии двух очень компактных объектов ($z = 0,09 \pm 0,03$) с массами $29 \pm 4 M_\odot$ и $36 \pm 4 M_\odot$, которые образовали черную дыру массой около $62 M_\odot$, находящуюся в 1,3 млрд св. лет от нас. Как известно, в рамках ОТО никакой компактный объект, кроме черной дыры, не может иметь массу свыше $3 M_\odot$, поэтому был немедленно сделан вывод об открытии слияния двух массивных черных дыр. Он был подкреплен наблюдением специфической формы сигнала уже после их слияния. При

Параметры сливающихся двойных ЧД

Характеристики сливающихся компонентов двойных систем	Событие, дата регистрации				
	GW150914 14.09.2015	GW151226 25.12.2015	GW170104 4.01.2017	GW170608 8.06.2017	GW170814 14.08.2017
Масса первого компонента, $M_{\odot}$	36,2	14	31,2	12	30,5
Масса второго компонента, $M_{\odot}$	29,1	7,5	19,3	7	25,3
Общая масса двойной системы, $M_{\odot}$	62,3	20,8	48,7	18	53,2
Спин образовавшейся керровской ЧД	0,68	0,74	0,64	0,69	0,70
Расстояние до источника, Мпк	420	440	880	340	540

Примечание. В таблице финальный спин образовавшейся при слиянии черной дыры дан в безразмерных единицах (максимальный спин равен 1), он определяется, в основном, орбитальным движением сливающихся компонент.

этом образуется черная дыра большей массы, но несколько меньше суммарной массы сливающихся компонент – примерно 10% массы излучается в виде ГВ. Все возмущения горизонта событий вновь образующейся черной дыры экспоненциально затухают, превращаясь в дополнительное излучение ГВ (стадия “послезвона”), с характерным временем, определяемым массой и моментом импульса (спином) образовавшейся черной дыры. Таким образом, по форме сигнала ГВ удалось независимо измерить массу и спин образовавшейся черной дыры. Форма сигнала

на всех фазах (до слияния ЧД, во время и после него) соответствовала ОТО – с точностью до нескольких процентов.

Первое событие по обнаружению ГВ стало фундаментальным открытием по двум причинам: во-первых, были впервые экспериментально обнаружены гравитационные волны, которые предсказывались 100 лет назад как одно из следствий ОТО А.Эйнштейна; во-вторых, были экспериментально открыты сливающиеся двойные черные дыры, существование которых до настоящего времени оставалось лишь гипотезой. Заметим, что существование двойных черных

дыр с массами около $10 M_{\odot}$ предсказывались как следствие эволюции массивных двойных звезд в пионерских работах первой половины 1990-х гг. российских астрофизиков А.В. Тутукова и Л.Р. Юнгельсона (ИНАСАН) и группы В.М. Липунова, К.А. Постнова и М.Е. Прохорова (ГАИШ МГУ). Более того, прогнозировалось, что из-за большой массы (на порядок больше массы нейтронных звезд) они с большей вероятностью должны были быть открыты первыми интерферометрами LIGO⁴. Так и случилось, что блестяще подтвердило правильность базовых астрофи-

⁴ См. подробнее в обзоре: Гришук Л.П., Липунов В.М., Постнов К.А., Прохоров М.Е., Сатьяпракаш Б.С. Гравитационно-волновая астрономия: в ожидании первого зарегистрированного источника // Успехи физических наук, 2001. Т. 171. С. 3–59.

зических представлений об эволюции массивных двойных систем.

Несколько неожиданной оказалась большая масса черных дыр в источнике GW150914 – примерно втрое больше средней массы черных дыр, известных до этого открытия по динамическим измерениям в галактических массивных рентгеновских двойных системах⁵. Для того, чтобы получить столь большие массы черных дыр из эволюции массивных звезд, требуется предположить, что практически вся масса звезды перед коллапсом ядра попадает в черную дыру. До открытия GW150914 это утверждение было одной из смелых гипотез.

Кроме этого, подтвердилось и предположение, что такие массивные черные дыры возникают из звезд с пониженным содержанием тяжелых элементов (в астрономии все элементы после гелия называются “тяжелыми”, или “металлами”). Наличие таких элементов в атмосфере звезд ведет к сильному увеличению скорости сброса массы звезды еще на стадии Главной последовательности из-за мощного давления излучения в спектральных линиях

тяжелых элементов. Рассматриваются и другие гипотезы происхождения двойных массивных черных дыр – от динамического образования в плотных звездных скоплениях (например, в ядрах молодых шаровых скоплений) до “экзотических” первичных ЧД, которые могли образовываться во Вселенной задолго до появления первых звезд и галактик.

До конца ноября 2017 г. опубликовано пять зафиксированных случаев уверенных слияний двойных черных дыр. Некоторые их параметры, полученные из анализа принятого сигнала ГВ, представлены в таблице (по информации, взятой с официального сайта LIGO: www.ligo.org).

Значения, приведенные в таблице, демонстрируют широкий спектр масс двойных черных дыр, его невозможно было измерить прежними астрофизическими методами. Богатая информация об этих источниках и каналах их образования – предмет активных научных исследований.

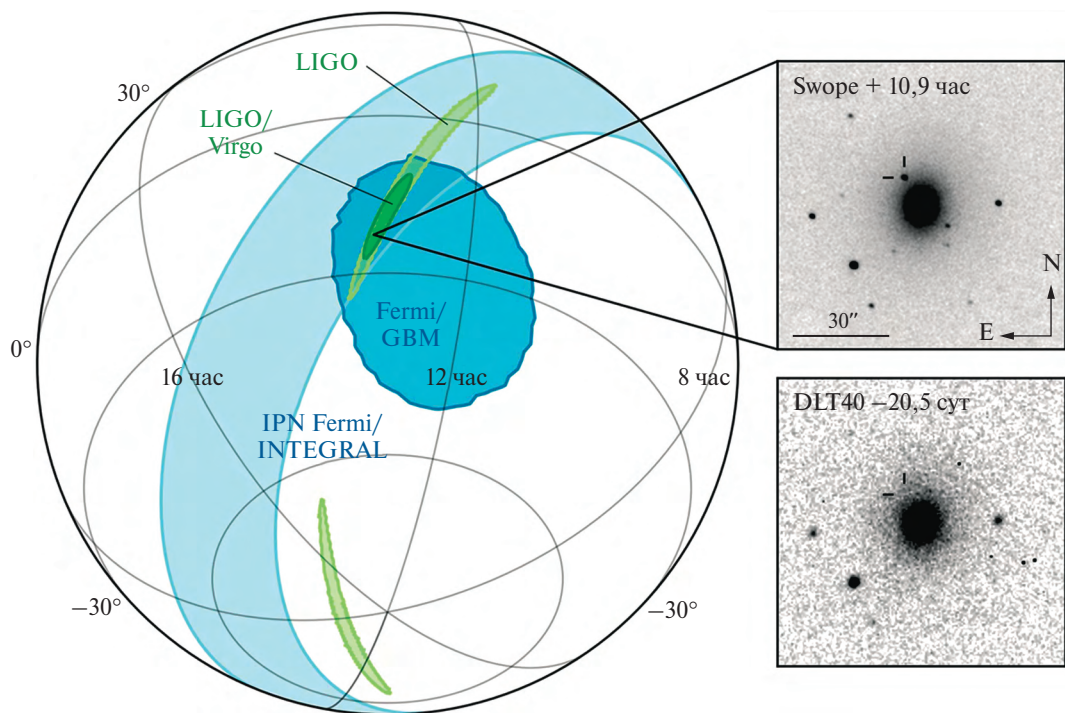
ПЕРВОЕ СЛИЯНИЕ ДВОЙНЫХ НЕЙТРОННЫХ ЗВЕЗД

Событие GW170817, произошедшее 17 августа

2017 г., стоит особняком⁶. Во-первых, как и событие GW170814, слияние системы двойных черных дыр было ассоциировано с независимо наблюдавшимся коротким гамма-всплеском GRB170817A, который произошел через $1,74 \pm 0,05$ с после максимума гравитационно-волнового сигнала, произошедшего в эллиптической галактике NGC 4993 в созвездии Гидры (130 млн св. лет от нас, или 40 Мпк). Оно было зарегистрировано тремя синхронно работающими детекторами: двумя LIGO и VIRGO. Рекордная длительность этого слияния в полосе чувствительности интерферометров – 10–300 Гц (около 100 секунд!) – свидетельствовала об относительно малой общей массе двойной системы ($2,7\text{--}3,3 M_{\odot}$), что сразу же навело на мысль о слиянии двух нейтронных звезд. Дальнейший анализ формы ГВ-сигнала показал, что наиболее вероятные массы сливающихся компонентов: $1,36\text{--}2,26 M_{\odot}$ и $0,86\text{--}1,36 M_{\odot}$ (большие неопределенности связаны с незнанием собственного вращения компонент массой $2,82 M_{\odot}$). Детектирование с помощью трех интерферометров позво-

⁵ См. подробнее в обзоре: *Черпащук А.М.* Наблюдения звездных и сверхмассивных черных дыр // *Успехи физических наук*, 2016. Т. 186. С. 778–789.

⁶ *Abbott B.P. et al.* LIGO Scientific Collaboration Virgo Collaboration GW170814: A Three-Detector Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Coalescence // *Physical review letters*, 2017. Т. 119. № 23.



Локализация на небесной сфере источника GW170817 от сливающихся нейтронных звезд и сопутствующего гамма-всплеска GRB170817A выполнено с помощью детекторов LIGO/VIRGO. Светло-зеленым показана область, в которой искали источник с помощью детектора LIGO; темно-зеленым – по данным LIGO и VIRGO; темно-синим – по данным обсерватории “Ферми” (детектор GBM); голубым – расположение источника, по данным обсерваторий “Ферми” и “Интеграл”. На врезке – первое наблюдение килоновой AT 2018gfo в галактике NGC 4993 с помощью телескопа “Swope” примерно через 11 ч после слияния (вверху) и та же область неба, снятая в патрульных наблюдениях сверхновых с помощью телескопа DLT40 за 20,5 сут до события. Рисунок из журнала “The Astrophysical Journal Letters” (2017. Т. 848. № 2).

лили ограничить область ошибок направления на источник площадкой примерно в 30 квадратных градусов в районе южного созвездия Гидры, что было более чем в 10 раз меньше площади неопределенности сигналов ГВ, регистрируемых до этого только с помощью двух интерферометров LIGO. Но самое главное – через

1,7 с после момента объединения черных дыр (максимальной амплитуды сигнала) космическими обсерваториями “Ферми”, “Интеграл” и “Конус-Винд” (“Konus-WIND”) был зарегистрирован слабый короткий гамма-всплеск GRB170817A, область локализации которого “перекрывалась” с областью сигнала ГВ. Это придало

дополнительную уверенность в том, что произошло слияние двойной системы, по крайней мере, одним из компонентов которой была нейтронная звезда!

Дело в том, что еще в 1984 г. в пионерской работе российских астрофизиков С.И. Блинникова, Т. Переводчиковой, И.Д. Новикова и А.Г. Полнарева⁷ впервые было

⁷ “Письма в Астрономический журнал”, 1984. Т. 10. С. 422.

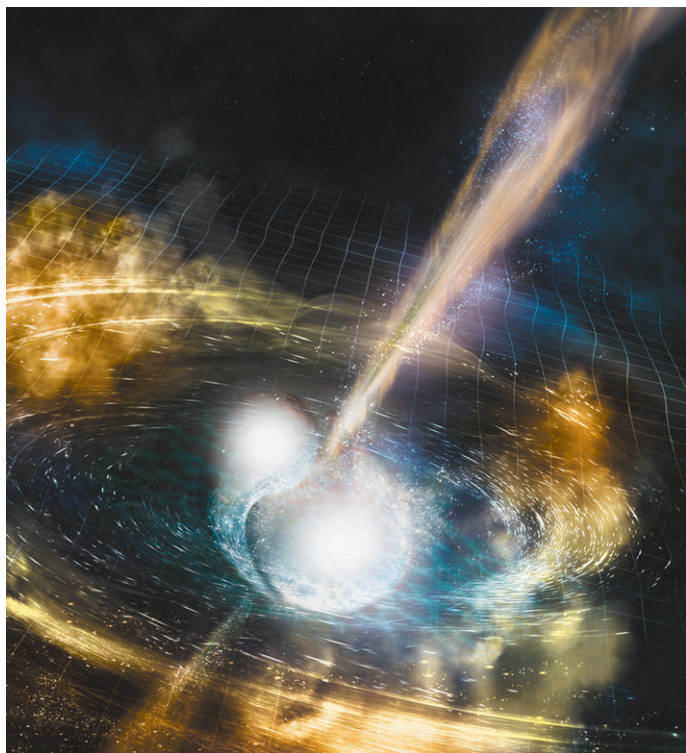


Иллюстрация столкновения нейтронных звезд (событие GW170817). Узкий выброс по диагонали – поток гамма-лучей. Светящееся облако вокруг звезд – источник видимого света (килоновая), его наблюдали с помощью телескопов после слияния. Рисунок А. Симоне (NSF/LIGO/Sonoma State University).

отмечено, что при слиянии тесных двойных систем с нейтронными звездами должен генерироваться мощный импульс жесткого электромагнитного излучения, который может наблюдаться как короткий (с длительностью порядка секунды) космический гамма-всплеск. В те годы природа космических гамма-

всплесков еще была неизвестна, поэтому отождествление коротких гамма-всплесков с внегалактическими сливающимися двойными нейтронными звездами было очень смелой гипотезой; понадобилось 34 года для того, чтобы она блестяще подтвердилась во время наблюдения за

источником GW170817 в августе 2017 г.!

Итак, благодаря одновременным ГВ- и гамма-наблюдениям события GW170817 астрономам стала известна относительно небольшая область неба, откуда пришел сигнал ГВ, и расстояние до источника – 40 Мпк⁸. Это позволило немедленно выделить все галактики в этой области и начать их наблюдения с целью поиска возможного оптического источника. В работу включились многие автоматизированные системы телескопов разного размера во всем мире: в том числе российская система телескопов-роботов “МАСТЕР” под руководством профессора В.М. Липунова (ГАИШ МГУ), и спустя 11ч после открытия GW170817 поступило первое сообщение об обнаружении нового оптического источника (AT 2017gfo), находящегося примерно в 2 кпк от центра спиральной галактики NGC 4993, в созвездии Гидры.

Вся мощь наземных и космических обсерваторий была брошена для наблюдений за этим новым источником, оставшимся после слияния нейтронных звезд GW170817. В этих наблюдениях и анализе их результатов приняли

⁸ Abbott B.P. et al. Multi-messenger Observations of a Binary Neutron Star Merger // The Astrophysical Journal Letters, 2017. Т. 848. № 2.

участие тысячи астрономов всего мира, и результаты оказались поистине ошеломляющими. Полученные следствия из наблюдений GW170817 и его электромагнитного послесвечения в разных диапазонах спектра можно разделить на две группы:

- слияние двух нейтронных звезд в источнике GW170817 с помощью гравитационно-волновых детекторов и наблюдения короткого гамма-всплеска GRB170817A;

- электромагнитное послесвечение от остатков слияния двойной системы нейтронных звезд в течение примерно месяца после слияния.

Рассмотрим их подробнее. В результате наблюдений событий GW170817 и GRB170817A можно сделать выводы:

- впервые обнаружено слияние двойных нейтронных звезд, сливающихся под действием гравитационного излучения. Такова судьба тесных двойных пульсаров, орбита которых уменьшается из-за излучения ГВ в полном соответствии с квадрупольной формулой ОТО А. Эйнштейна (самый известный – пульсар Халса–Тейлора PSR 1913+16);

- из анализа формы ГВ-сигнала получены новые ограничения на уравнения состояния сливающихся нейтронных звезд;

- экспериментально определен темп слия-

ния двойных нейтронных звезд в локальном объеме 1 Гпк^3 (порядка 1500 событий в год), в согласии с астрофизическими ожиданиями;

- экспериментально доказано, что слияние двойных нейтронных звезд сопровождается коротким импульсом гамма-излучения, что подтверждает гипотезу о происхождении коротких гамма-всплесков от слияния двойных нейтронных звезд;

- сравнивая расстояние до источника, которое было измерено в результате ГВ-наблюдений, с красным смещением галактики NGC 4993, уточнена постоянная Хаббла (70 км/с/Мпк), которая оказалась в согласии с независимыми астрономическими измерениями;

- принимая во внимание время задержки между моментом слияния (излучением основной доли ГВ) и приходом гамма-излучения ($\Delta t = 1,7 \text{ с}$) с недостижимой ранее точностью получены ограничения на отличие скорости распространения гравитационных волн от скорости света: несомненно, это важнейший фундаментальный результат этих наблюдений: он позволил значительно ограничить ряд модификаций ОТО, предсказывающих отличие скорости ГВ от скорости света;

- анализ времени распространения ЭМ и ГВ-сиг-

нала в потенциале Галактики позволил получить новое ограничение на отличие гравитационной и инертной массы (проверка принципа эквивалентности) в ОТО.

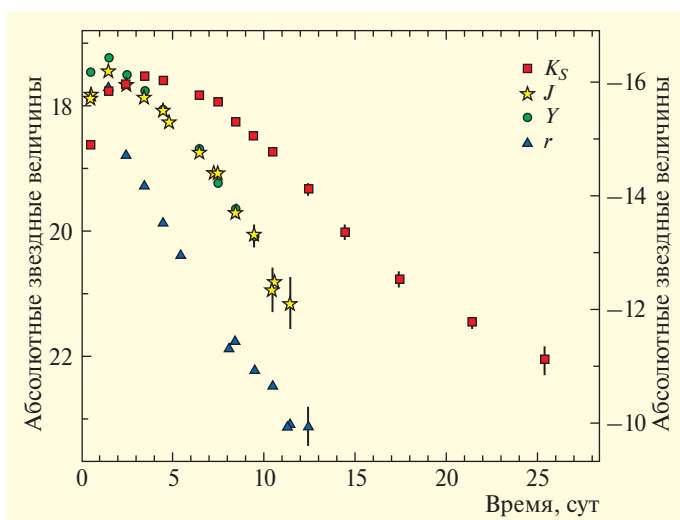
НАБЛЮДЕНИЯ “ЗОЛОТОЙ” КИЛОНОВОЙ

В 1993 г. астрофизиками Л.Ли и Б.Пачиньским введен новый термин “килоновая” – астрономическое событие, происходящее в двойных системах при слиянии двух нейтронных звезд или нейтронной звезды с черной дырой, по мощности равное 1000 Новым. Оно означает оптическое и ИК-излучение остатков слияния двух нейтронных звезд, связанное с их нагревом из-за распада обильно образующихся неустойчивых тяжелых элементов при слиянии. Названное “килоновой” явление, возникшее от слияния двойных нейтронных звезд GW170817, показывает, что излучаемая энергия может превосходить в 1000 раз энергию, излучаемую Новыми. Современные численные расчеты слияния двух нейтронных звезд предсказывают, что вещество нейтронных звезд с массой в несколько процентов от массы Солнца, выбрасывается при их слиянии. Это вещество – нейтроны и протоны – начинают образовывать тяжелые ядра, вплоть до трансура-

График оптического (фильтр r) и инфракрасного (фильтры K_s , J , Y) блеска излучения килоновой AT 2017gfo. Приведен промежуток времени (в днях) после слияния двух нейтронных звезд в событии GW170818. NSF/LIGO.

новых элементов, многие из которых – неустойчивые, они распадаются с выделением частиц и тепловой энергии. По мере распада, с характерным временем, составляющим несколько дней или недель, эта энергия нагревает выброшенную массу (часть из которой движется с умеренно релятивистскими скоростями, порядка 20% от скорости света); поэтому на месте слияния должен наблюдаться оптический и ИК-источники. Эти предсказания, сделанные в середине 1990-х – начале 2000 гг., блестяще подтвердились в процессе фотометрических и спектральных наблюдений затухающих оптического и ИК-излучений в течение десятков дней: светимость килоновой в максимуме составила 10^{42} эрг/с.

Взаимодействие расширяющихся остатков килоновой AT 2017gfo (GW170817) с окружающей межзвездной средой создало ударную волну, радиоизлучение от которой было зарегистрировано через 16 сут после слияния черных дыр с по-



мощью 27-ми радиотелескопов VLA (США). Время существования этого постепенно затухающего радиоисточника может длиться годы – пока ударная волна “тормозится” в окружающей среде.

По-видимому, самый главный результат проведенных исследований – новое понимание процессов образования основной части элементов r -процесса (ядер, которые могут образовываться только при наличии большой окружающей плотности нейтронов); так что время захвата нейтронов – короче времени радиоактивного распада ядер к стабильным изотопам. Самыми известными r -элементами являются благородные металлы – серебро, золото, платина, а также уран, плутоний и другие тяжелые элементы. Моделирование свечения килоновой AT 2017gfo показывает, что

при слиянии нейтронных звезд образовалось от $100 M_\odot$ до $200 M_\odot$ чистого золота и от $30 M_\odot$ до $60 M_\odot$ урана! Таким образом, слияния двойных нейтронных звезд могут быть главным каналом образования r -элементов в природе. Стоит отметить, что впервые эта идея была высказана в работе американских астрофизиков Дж. Латтимера и Д. Шрамма в 1974 г. Это – огромный прогресс в нашем понимании эволюции химических элементов.

НАЧАЛО МНОГОКАНАЛЬНОЙ АСТРОНОМИИ

Начавшаяся в 2015 г. эра гравитационно-волновой астрономии на наших глазах достигла колоссальных успехов: она положила начало новому типу исследований космических явлений – многоканальной астрономии. Теперь информацию о космических источниках

ученые получают, благодаря успехам многоволновой астрономии, из разных по физической природе каналов: электромагнитному, гравитационно-волновому, по нейтринному излучению и потокам космических лучей (частиц, ускоренных до сверхвысоких энергий). Эти каналы имеют свою специфику: используются разные методы наблюдений и обработки данных и разные типы источников.

Наиболее значительные космические катастрофы, сопровождающиеся огромным энерговыделением в электромагнитном диапазоне, – вспышки сверхновых и космические гамма-всплески. От сверхновых ученые уже наблюдали потоки теплового нейтринного излучения, сопровождавшего коллапс ядра массивной звезды и образова-

ние компактного остатка в виде нейтронной звезды (сверхновая SN 1987A в Большом Магеллановом Облаке, расположенная в 168 тыс. св. лет от нас; Земля и Вселенная, 2017, № 4). Из наблюдений установлено, что ударные волны, образующиеся от взаимодействия быстро расширяющегося остатка взрыва сверхновой с межзвездной средой, являются источником ускорения космических лучей с энергией вплоть до 10^{15} эВ. С началом эры гравитационно-волновой астрономии впервые удалось наблюдать слияния массивных двойных черных дыр, а теперь уже – и двойных нейтронных звезд (GW170817).

Выводы, получаемые в результате использования методов гравитационно-волновой астрономии, имеют фундаментальное значение

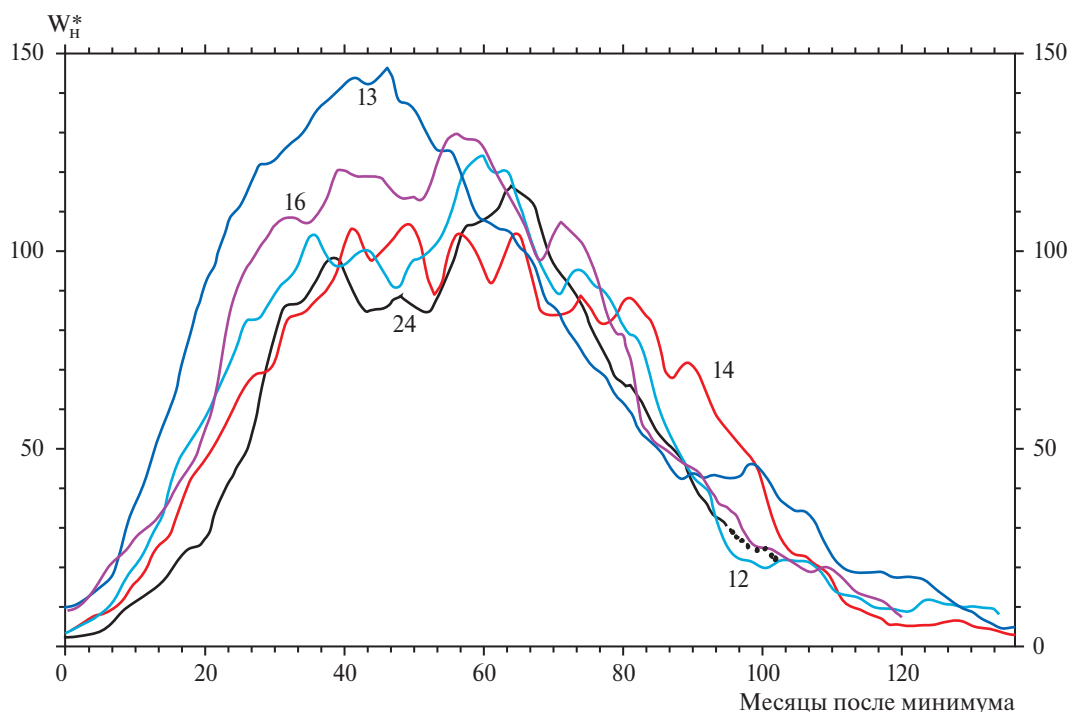
для теории гравитации (проверка ОТО и ее расширений), образования и эволюции звезд (формирование двойных нейтронных звезд и черных дыр звездной массы) и космологии. В краткой статье даже трудно перечислить постоянно растущее количество новых наблюдений, идей и расчетов, которые были инициированы – первым в истории астрономии открытием (14 сентября 2015 г.) гравитационно-волнового сигнала GW150914 от сливающихся двойных черных дыр и от слияния двойных нейтронных звезд GW170817 с последующим электромагнитным излучением (17 августа 2017 г.). Несомненно, эти две даты навсегда займут свое почетное место в золотом фонде истории фундаментальных научных открытий.

Солнце в декабре 2017 г. – январе 2018 г.

Пятнообразовательная активность на стыке годов была на низком и очень низком (42 дня) уровнях: 30 сут видимый диск Солнца был беспятенным, в остальные дни наблюдалось не более одной группы. Из 7 небольших групп

солнечных пятен 3 появились в Северном полушарии. Наиболее значительной была группа пятен Северного полушария 20 декабря, просуществовавшая 8 сут и имевшая в максимуме развития площадь 160 миллионных долей

полусферы (примерно размер Земли). Кривая роста сглаженных за год значений относительного числа пятен продолжает уверенно идти на спад, оставаясь в пределах изменений 12-го и 16-го солнечных циклов, что дает возможность ожидать

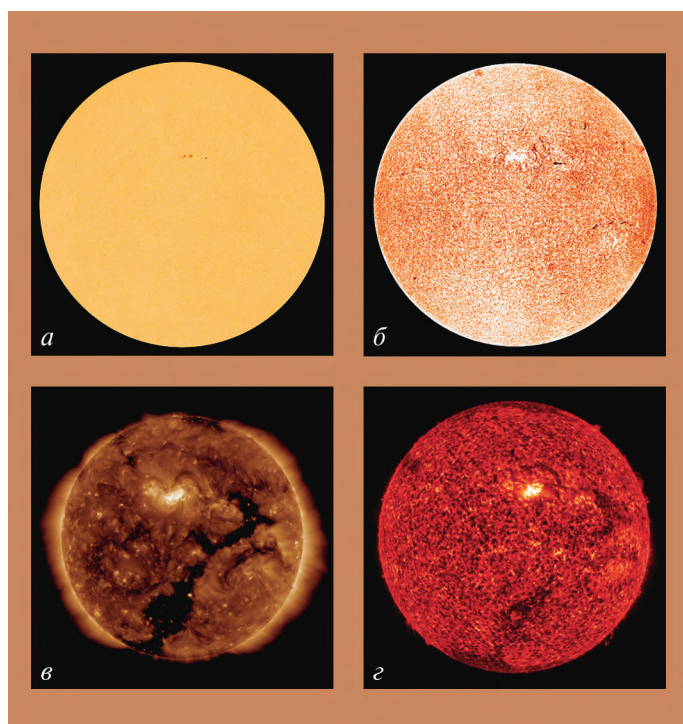


Ход развития (102 месяца) текущего, 24-го цикла солнечной активности, среди достоверных (начиная с 1849 г.) низких и среднего (тринадцатого) солнечных циклов. W^* – сглаженные за 13 месяцев относительные числа солнечных пятен в новой системе (введена с 1 июля 2015 г.). Высота текущего солнечного цикла в новой системе составляет $W_n^* = 116$ против $W^* = 82$ – в старой.

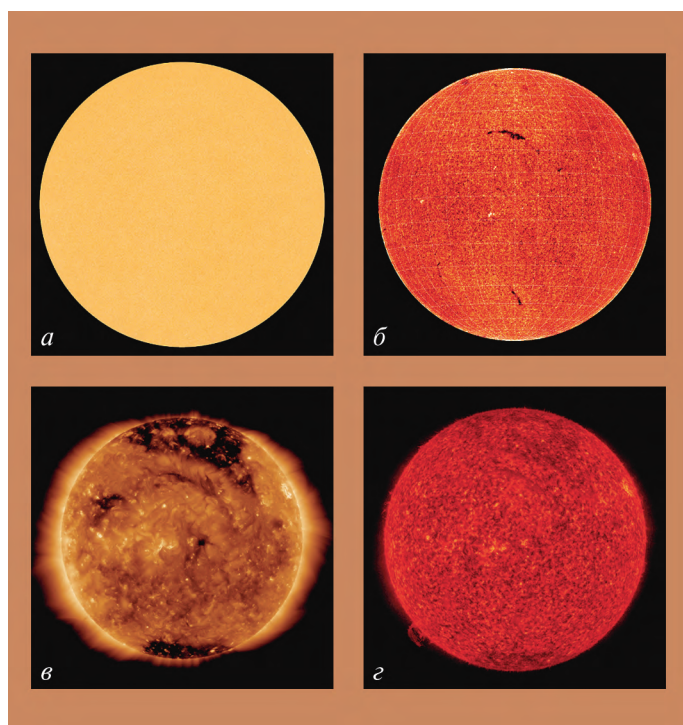
Солнце 24 декабря 2017 г.: а – фотосфера в непрерывном спектре ($\lambda = 4500 \text{ \AA}$); б – в самой сильной линии водорода $H\alpha$ ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); в – в линии крайнего ультрафиолета $Fe XII$ ($\lambda = 193 \text{ \AA}$); г – в линии крайнего ультрафиолета $He II$ ($\lambda = 304 \text{ \AA}$). Снимки получены с помощью космической солнечной обсерватории “SDO” и наземной обсерватории Big Bear ($H\alpha$; <http://sdo.gsfc.nasa.gov/data/>).

точку минимума текущего цикла во второй половине 2020 г. Текущие среднемесячные значения чисел Вольфа (мы, как и Служба состояния околоземного пространства – www.swpc.noaa.gov, – будем придерживаться старой, классической системы) $W_{\text{дек.}} = 4,9$ и $W_{\text{январ.}} = 4,0$. Сглаженное значение этих индексов в июне и в июле 2017 г. составило $W^* = 13,4$ и $W^* = 12,6$ соответственно.

В первые пять суток декабря 2017 г. Солнце было беспятенным, 6–7 декабря в Северном полушарии появилась короткоживущая (2 сут) группа пятен, 10–11 декабря другая, но уже в Южном



Солнце 7 января 2017 г.: а – фотосфера в непрерывном спектре ($\lambda = 4500 \text{ \AA}$); б – в самой сильной линии водорода $H\alpha$ ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); в – в линии крайнего ультрафиолета $Fe XII$ ($\lambda = 193 \text{ \AA}$); г – в линии крайнего ультрафиолета $He II$ ($\lambda = 304 \text{ \AA}$). Снимки получены с помощью космических солнечных обсерваторий “SDO”, “STEREO A” и наземной обсерватории Big Bear ($H\alpha$; <http://www.solarmonitor.org/>).



полушарии, а с 13 по 19 декабря видимый диск Солнца снова стал устойчиво беспятенным. 20 декабря возникла самая долгоживущая в рассматриваемый период группа пятен Северного полушария и после 28 декабря опять наблюдалось беспятенное Солнце. Максимальное ежедневное значение относительных чисел солнечных пятен отмечено **24 декабря ($W = 18$)**, минимальное – 1–5, 8, 9, 13–19 и 28–31 декабря ($W = 0$). Вспышечная активность весь период оставалась на очень низком уровне. Выбросы солнечных волокон (7 событий) наблюдались 1, 14, 15, 20–22 и 26 декабря. Корonoграфы космической обсерватории “SOHO” зарегистрировали более 24 корональных выброса вещества. Семь рекуррентных (повторяющиеся через оборот Солнца) корональных дыр проходили по видимому диску Солнца, высокоскоростные потоки от них стали источниками

геомагнитных возмущений. На средних широтах Земли отмечено две малые магнитные бури: 5 и 17 декабря. Всего же в геомагнитном поле зарегистрировано 6 возмущенных дней. На геостационарных орбитах очень высокие потоки ($> 10^7$ частиц/ m^2) релятивистских электронов с энергиями больше 2 МэВ наблюдались 6–11, 18–24 и 27–29 декабря.

В **январе 2018 г.** первые трое суток продолжался период беспятенного Солнца, затем до 11 января на видимом диске Солнца наблюдались три небольшие короткоживущих группы пятен. Солнце 12–14 января опять стало беспятенным, а 15–19 января наблюдалась небольшая группа пятен Южного полушария, и с 20 января до конца месяца Солнце оставалось беспятенным. Максимальное наблюдаемое относительное число солнечных пятен отмечено **10 января ($W = 22$)**,

минимальное – 1–3, **12–13, 20–30 января ($W = 0$)**. Вспышечная активность весь месяц была на очень низком уровне. Выбросы солнечных волокон (2 события) наблюдались 15 и 16 января. Корonoграфы космической обсерватории “SOHO” зарегистрировали больше 7 корональных выбросов вещества разной интенсивности, наблюдалось четыре рекуррентные корональные дыры. Геомагнитное поле весь месяц было спокойным и слабовозмущенным. На геостационарных орбитах очень высокий поток ($> 10^7$ частиц/ m^2) релятивистских электронов с энергиями больше 2 МэВ наблюдался 13–14 января.

Текущее состояние солнечной активности и ее прогноз на русском языке можно найти в интернете (<http://www.izmiran.ru/services/saf/>). Страница обновляется каждый понедельник.

*В.Н. ИШКОВ,
ИЗМИРАН*

“Звездный профессор” Клавдия Александровна Бархатова

(К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

Когда в конце октября 1917 г. (по старому стилю) в Нижнем Тагиле в молодой семье заводского уральского рабочего Александра Васильевича Бархатова родилась вторая дочка, он, будучи убежденным идейным коммунистом и непосредственным участником борьбы за установление новой советской власти на Урале, даже (как говорит о том семейная легенда) немного... передвинул дату ее рождения – на день свершения Октябрьской революции (7 ноября по н.ст.). Это и была Клавдия Александровна Бархатова. А так как ее мать, Матрена Тимофеевна, напротив, происходила из зажиточной сельской семьи, крайне враждебно настроен-

ной к ее выбору, то детство маленькой Клавы в атмосфере этой классовой борьбы проходило нелегко – порой даже под угрозой расправы со стороны родных матери – когда отец оказывался в отъезде по поручению партии или на фронтах Гражданской войны. Часто менялись и города проживания семьи. Именно под влиянием отца сформировались главные черты личности будущего ведущего уральского астронома: твердость убеждений, преданность делу и своей малой родине, интересы которой ставились всегда выше личных (в том числе и при решении вопроса о научной карьере), уникальная работоспособность исследователя-энтузиаста, активность и мудрость организатора и педагога, бескорыстность и щедрость души.

В 6 лет Клава пошла в школу в Первоуральске, в 11 лет снова – уже в Нижнем Тагиле. В этот период у нее проявился интерес к звездному небу. Его укрепляли первые книги по астрономии: “Популярная астрономия” К. Фламмарiona, “Астрономические вечера” Ф. Клейна, “Звезды и атомы” А. Эддингтона. В 1930 г. семья переехала в Свердловск (ныне Екатеринбург). В 1935–1941 гг. Клавдия Александровна училась в Свердловском государственном университете (после 1945 г. – Уральский государственный университет им. А.М. Горького, УрГУ; ныне – Ураль-



Профессор К.А. Бархатова. Конец 1960-х гг.



Родители – Матрена Тимофеевна и Александр Васильевич Бархатовы. Карабаш, 1916 г.

ский Федеральный университет, УрФУ им. Б.Н. Ельцина), избрав астрономо-геодезическую кафедру (она была одной из двух девушек, учившихся тогда на физико-математическом факультете). Уже вскоре Клавдия становится ближайшей ученицей и сподвижницей уникального преподавателя-энтузиаста и создателя первой учебной Астрономической обсерватории университета доцента Сергея Владимировича Муратова (1881–1949)¹. Именно он сыграл определяющую роль в формировании К.А. Бархатовой (особенно по-

сле ее участия в экспедиции на полное солнечное затмение 19 июня 1936 г. в Петропавловск, Казахстан) как астронома-наблюдателя, исследователя и практика – вообще “мастера на все руки”, а впоследствии и выдающегося организатора астрономии и астрономического образования на Урале².

Жизнь не баловала: летом 1940 года, через 3 месяца после свадьбы с однокурсником И.В.Тарлинским, окончившим Свердловский госуниверситет по кафедре теоретической механики, муж был призван в армию в июне 1941 г., служил в Калуге, откуда ушел на фронт. Они даже не смогли проститься (Клава из-за болезни кончала повторно 5-й курс УрГУ), а встретились лишь через 5 лет. После окончания университета (1941 г.) она была направлена в Институт геофизики; с началом войны отозвана для преподавания в школе, затем на полставки работала лаборантом на кафедре астрономии в УрГУ. Ухаживала в госпитале за ранеными, участвовала в сельскохозяйственных работах. В Свердловск шел поток эвакуированных, в том числе астрономов из Москвы, Ленинграда, Киева, пополнявших университет. Их основной работой стала помощь фронту. С ноября 1941 г. Свердловск становится новым центром Службы времени страны во главе с ГАИШ МГУ (руководитель – М.С. Зверев) и Службы Солнца (руководители – Э.Р. Мустель и Е.Я. Бугославская, ГАИШ). Под руководством старейшего сотрудника ГАИШ С.Н. Блажко для нужд фронта и для связи с партизанами в тылу врага составлялись ежедневные таблицы восходов и заходов Солнца и Луны.

¹ Горный инженер по образованию и один из организаторов Российского общества любителей миропведения (РОЛМ) в Ленинграде, человек нелегкой судьбы, испытывавший на себе политические репрессии в начале 1930-х гг. и впервые организовавший на Урале, в университете, получение студентами астрономического образования, создав своими силами при университете небольшую учебную обсерваторию. Память о нем ныне отражена на Доске почетных деятелей УрГУ.

² Сестры Клавдии Александровны избрали другие профессии: химию – старшая Шура и медицину – младшая Зина.

Клавдия Александровна преподавала в УрГУ: разрабатывала курсы лекций по звездной, сферической и практической астрономии, математической обработке результатов наблюдений, вела практические занятия по астрофизике, читала курс общей астрономии. С приближением Победы в 1943 г. начинается отъезд эвакуированных из Свердловска. В университете К.А. Бархатова остается единственным астрономом³. Но незадолго до этого, с восстановлением в 1943 г. на естественных факультетах аспирантуры, она отказывается от предложенной ей киевским астрономом А.А. Яковкиным (тогда зав. кафедры в УрГУ) темы по астрономии Луны. Давно нацеленная на исследования в области звездной астрономии, Бархатова срочно сдает экзамены и поступает в аспирантуру ГАИШ МГУ – к основателю современной московской школы звездной астрономии, известному исследователю переменных звезд П.П. Паренaго (Земля и Вселенная, 1976, № 5).

Однако вопреки начальным надеждам Клавдии Александровны на исследования переменных звезд, Павел Петрович Паренaго предлагает ей заняться рассеянными звездными скоплениями (РЗС). Но почему РЗС? С 1940–1950-х гг. начинают успешно разрабатываться новые теории эволюции звезд (Б. Стрёмгрен – в Дании, затем – в США; Ф. Хойл – в Англии, но, главным образом, М. Шварцшильд – в США), включая расчеты термоядерных реакций в недрах звезд для выявления изменения в ходе этих реакций состава, состояния и других параметров звезды как проявления этапов ее “жизни”. Встала проблема пересмотра и новой эволюционной интерпретации диаграммы Герцшпрунга–Рессела (поскольку первоначальная теория эволюции звезд вдоль ее главной последовательности не оправдалась). Вот тут-то



Астроном С.В. Муратов – основатель первой учебной астрономической обсерватории в Свердловском государственном университете. 1930-е гг.

существенную роль на пути к решению проблемы и сыграло построение диаграмм Герцшпрунга–Рессела для отдельных звездных скоплений. Наиболее перспективными представлялись в этом отношении РЗС, составляющие основное население в “семействе” скоплений – этой главной подсистеме Галактики. Задача обнаружения РЗС и выделение их из общего поля звезд не легка – по сравнению с шаровыми скоплениями. Но именно на исследованиях РЗС – более молодых образованиях – первым сосредоточил внимание американский астрофизик Д.П. Койпер (Земля и Вселенная, 1974, № 5). Скопле-

³ С.В. Муратов в годы войны в силу обстоятельств перешел в педагогический институт.



Клавдия Бархатова в молодости. Конец 1940-х гг.

ния находятся практически на одном расстоянии от земного наблюдателя, что позволяет по их блеску судить и об истинных отношениях их светимостей. В 1937 г. Д. Койпер построил диаграммы Герцшпрунга–Рессела для многих РЗС и обратил внимание на их значительное различие между собой. Он сравнил со своими результатами проведенные ранее теоретические расчеты Б. Стрёмгрена и объяснил несхожесть диаграмм с различным содержанием водорода в звездах разных РЗС, что уже могло служить указанием и на их различный возраст. Скопления стали

в дальнейшем ключом к выявлению действительного направления эволюции звезд – к открытию их эволюционных треков.

Во второй половине XX в. сформировалась стройная картина образования и развития скоплений как группировок генетически связанных звезд. В Галактике выделились два их типа в свете общепринятой ныне “диффузной” звездно-космогонической концепции. Одни ведут свою родословную от газопылевой плоской составляющей Галактики. Это более молодые скопления (РЗС) со звездным населением II-го типа (второго поколения, обогащенные тяжелыми элементами). Другие формируются из диффузной материи сферической составляющей Галактики. Это шаровые скопления, со звездами более раннего поколения, бедными тяжелыми элементами (население I-го типа), в среднем на несколько порядков более богатые по населенности и в целом более старого образования. Возраст РЗС, по современным оценкам – от миллионов до миллиардов лет, тогда как у шаровых он обычно порядка десятка миллиардов лет⁴.

В 1930 г. американский астроном Р. Трюмплер окончательно установил существенную роль межзвездного поглощения света в Галактике. Ранее это не учитывалось, что приводило к значительному завышению расстояний до космических объектов и привело к обнаружению в 1930 г. “Сверхгалактики Шепли” – гигантской системы галактик, масса которой в тысячи раз превышает массу Млечного Пути. Но даже начатый Р. Трюмплером учет этого эффекта все еще приводил к подозрениям о том, что расстояния до скоплений оказывались завышенными. Перед войной проблемой занялись в ГАИШ МГУ П.П. Паренаго, Б.В. Кукаркин и

⁴Вывод о том, что шаровые скопления – наиболее старые из скоплений, а “неправильные” (РЗС) – молодые – впервые сделал в 1785 г. родоначальник звездной астрономии В. Гершель. Он же предложил писать название нашей галактики с большой (прописной) буквы – Галактика (Земля и Вселенная, 2008. № 6).

молодой сотрудник Н.Ф. Флоря. Он составил первый полный на то время каталог скоплений, но война все оборвала: Николай Федорович Флоря погиб в октябрьском окружении 1941 г. под Ельней... (Земля и Вселенная, 1985, № 3). В конце войны на исследовании шаровых скоплений сосредоточился Б.В. Кукаркин (Земля и Вселенная, 2009, № 6). На изучение РЗС П.П. Паренаго (занятый другими темами) ориентировал свою новую уральскую аспирантку К.А. Бархатову.

Клавдия Александровна, обдумав неожиданное для нее предложение, согласилась и с характерной для нее целеустремленностью углубилась в новую проблему. Она сразу обратила внимание на загадку: в РЗС не было обнаружено переменных! (Их там нашли лишь позднее). П.П. Паренаго связывал исследования РЗС и с другой своей темой – проблемой межзвездного поглощения света, проверить которую считал необходимым. Последнее совпадало и с собственным интересом К.А. Бархатовой к проблеме межзвездного поглощения света. Новая тема РЗС привлекла своей широтой – охватом свойств всей Галактики, возможностью использовать богатства картотеки Н.Ф. Флори, возможностью применить здесь и свой курс математической обработки наблюдений. Первым было понимание необходимости переоценок имевшихся расстояний РЗС (у Флори они были приведены еще по зарубежным источникам, с опорой на Трюмплера).

К началу исследований РЗС существовало два способа определения расстояний до звездных скоплений: Э.Герцшпрунга и Г.Рессела (по диаграмме спектр–светимость) и Х.Шепли (по видимым угловым размерам РЗС, принимая истинные размеры скоплений в первом приближении одинаковыми).

Используя этот способ, Р. Трюмплер получил загадочный результат: истинные диаметры РЗС... росли с удалением их от Солнца (новое проявление “гелиоцентризма”!). Хотя он первым стал вводить поправки на поглощение (введя “коэффициент Трюмплера”), но учел не все! Клавдия Александровна доказала, что межзвездное поглощение искажает и соотношение видимых диаметров РЗС (в уменьшении видимых размеров которых таким образом отражается не только различие расстояний скоплений, но и влияние при этом поглощения, которое растет с расстоянием), и, значит, коэффициент Трюмплера для них занижен. Пользуясь методикой Трюмплера и новыми данными о межзвездном поглощении света, полученными П.П. Паренаго в 1945 г., она вновь определила расстояния всех известных тогда 334-РЗС, с учетом влияния поглощения на видимые угловые диаметры: все расстояния оказались у Трюмплера завышенными⁵. Опираясь на свои результаты, К.А. Бархатова пересчитала скорости вращения РЗС вокруг центра Галактики, заново исследовала пространственное распределение РЗС и впервые определила степень их концентрации около Галактической плоскости (73% РЗС оказались сосредоточенными в узком слое толщиной около 100 пк, что еще раз указывало на их молодость). Она вычислила среднюю пространственную плотность РЗС в доступной для их наблюдения области Галактического диска, (400 РЗС на кпк³) и **впервые в мире** оценила их общее число в Галактике: свыше 22 тысяч (тогда как к этому времени было известно всего 500 РЗС). В последующие годы, в связи с открытием еще более 500 РЗС, она повысила оценку их общего числа – до 30 тыс. РЗС⁶.

⁵ “Астрономический журнал”, 1950. Т. 27. Вып. 8. С. 180.

⁶ По современным данным, “известно” примерно 3 тыс. РЗС в пределах ~ 6 кпк от Солнца. Полное число РЗС в диске Галактики оценивается величиной от 30 тыс. до 50 тыс., но допускается, что их около 100 тыс. (из лекций профессора ГАИШ МГУ А.С. Расторгуева).



Декан физико-математического факультета Уральского госуниверситета К.А. Бархатова. Декабрь 1951 г.

Диссертацию Клавдия Александровна писала в 1946 г. в маленьком военном городке на Украине, где еще служил муж и действовали недобитые банды бандеровцев. Возвратившись вместе с ним после его демобилизации в Свердловск, она становится и.о. доцента кафедры астрономии в УрГУ. В 1947 г. у них рождается сын Сергей. Защитой кандидатской диссертации в 1948 г. и публикациями в 1949–1950 гг. полученных ею неординарных результатов завершается первый этап научной деятельности К.А. Бархатовой.

19 мая 1949 г. умирает С.В. Муратов, и Клавдия Александровна остается одна как астроном не только в УрГУ, но даже на всем Урале. Кафедра и специальность “Астрономия” в Свердловске ликвидируются. Еще во время аспирантуры (и особенно теперь) ее приглашают перейти в ГАИШ МГУ.

В августе 1953 г. следует даже вызов в Министерство образования. С учетом не только ее научных, но и организационных способностей настойчивые советы перейти в новый, построенный на Ленинских (Воробьевых) горах Московский университет дает ей сам Ю.А. Жданов, член ЦК КПСС (в рядах которой она уже давно также состояла). Перед К.А. Бархатовой открывается многообещающая перспектива работы в московской школе звездной астрономии (которая и сформировала ее как астронома-звездника), в том числе в качестве заместителя директора Б.В. Кукаркина. Обещают даже квартиру в высотном здании МГУ!..

Но, вернувшись домой, Клавдия Александровна, как всегда после беседы с отцом, решила: “Там могут обойтись и без меня. Это какая-то нужда временная. А тут я нужна постоянно”. И осталась в УрГУ, на своем родном Урале. Первый цикл ее работ, опубликованный в 1949–1952 гг., включал и открытие (пока лишь по 24-м РЗС) покраснения и ослабления звезд РЗС к краю. Это подтверждало раннее высказывание академика В.А. Амбарцумяна: РЗС эволюционируют динамически – теряют раньше маломассивные звезды – красные карлики. Динамикой РЗС начинают заниматься ученики К.А. Бархатовой, зарождается уральская школа звездной астрономии. Сама Клавдия Александровна приходит тем временем к более общим выводам: чем богаче РЗС, тем оно моложе и тем ближе к плоскости Галактики, “старые РЗС более рассеяны и бедны”, а в целом “классификация РЗС (по составу, размерам, положению в Галактике) должна со временем стать и классификацией их по возрасту”.

В 1949–1950 гг. в “Астрономическом журнале” выходят одна за другой ее статьи о поглощении света и диаметрах РЗС, об их скоростях и распределении в нашей Галактике. По совету П.П. Паренаго, она составляет начатый ею еще на Украине каталог расстоя-

ний РЗС. В этот же период Клавдию Александровну избирают доцентом кафедры теоретической механики и деканом физико-математического факультета УрГУ. Хлопоты о восстановлении кафедры астрономии (даже с поддержкой Москвы) ей пока не удаются. Тем не менее, шесть студентов получают разрешение на специализацию по астрономии. Почти все курсы по астрономии читает сама К.А. Бархатова, включая историю астрономии (потом ее сменит в этом ее ученик Виталий Сыровой, но с его безвременной кончиной это оборвется...).

В 1953 г. Клавдия Александровна получила новое приглашение за подписью начальника министерского главка университетов и юридических вузов М.А. Прокофьева, ей предлагали... пройти в Москве докторантуру. Это временное отсутствие в УРГУ не противоречило ее «уральским» интересам и планам, и она с радостью приняла предложение. Так начался второй этап научной жизни К.А. Бархатовой – период интенсивной работы по накоплению собственных наблюдений РЗС (1954 – 1955) в Астрономической обсерватории им. В.П. Энгельгардта (АОЭ) под Казанью (Земля и Вселенная, 2009, № 1). Сбывалась ее давняя мечта – стать самостоятельным астрономом-исследователем и наблюдателем.

Второй цикл научных работ К.А. Бархатовой начался со статьи в «Астрономическом журнале» (1952. Вып. 6) о галактической концентрации РЗС. Итогом ее трудов стал «Атлас диаграмм цвет – светимость РЗС» (1958 г.; начатый в 1951 г. также по совету П.П. Паренаго), что сразу сделало имя Клавдии Александровны известным в мире. Еще в конце 1953 г. она была принята в члены Международного астрономического союза (МАС). Рекомендовавший ее П.П. Паренаго писал: «...Бархатова показала, что система РЗС обладает нормальным для таких подсистем галактическим вращением. Она показала влияние межзвездного



К.А. Бархатова перед поступлением в докторантуру. 1953 г.

поглощения света на видимые размеры РЗС; ревизовала для всех известных РЗС их расстояния от Солнца; обнаружила покраснение РЗС к краям, подтвердившее теорию В.А. Амбарцумяна о динамической эволюции скоплений; составила Атлас диаграмм для всех РЗС, для которых такие диаграммы имелись». К этому времени она была, как писал Паренаго, «единственным в мире астрономом, обладавшим полным атласом этих диаграмм». Поэтому на X Генеральной ассамблее МАС, прошедшей в Москве в 1958 г., куда была приглашена и К.А. Бархатова со своим докладом об РЗС и где был представлен полный тираж только что вышедшего (1958) «Атласа» – его буквально расхватывали. О втором томе «Атласа» (1961) настойчиво просили участники очередного съезда МАС (США, 1961 г.). Еще два тома вышли в 1963 г. (последний – в соавторстве с В.В. Сыровым).



К.А. Бархатова и Д.Я. Мартынов у нового здания МГУ, 1954 г. Фото И.В. Тарлинского.

В “Атласе диаграмм цвет – светимость РЗС” К.А. Бархатова на основе анализа диаграмм Герцшпрунга–Рессела для РЗС провела их эволюционную классификацию, разделив РЗС на три группы:

- содержащие звезды ранних спектральных классов и часто связанные с диффузными туманностями – самые молодые скопления;
- состоящие только из звезд главной последовательности;
- содержащие, кроме звезд главной последовательности, немало красных гигантов, – самые старые РЗС.

Среди рассеянных звездных скоплений она особо выделила необычные NGC 188 в Цефее и NGC 2682 (М67) в Раке, а также NGC 6819 в Лебеде – по сходству диаграмм Герцшпрунга–Рес-

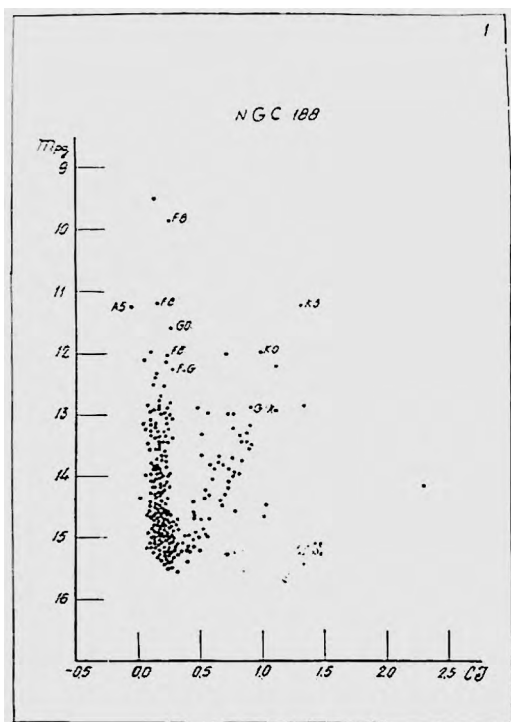
села для этих РЗС с диаграммами для шаровых (!) скоплений. В этом намечалась эволюционная связь между рассеянными и шаровыми скоплениями. Работа была высоко оценена специалистами – “звездниками”.

В 1956 г., выявив сходство структуры скопления NGC 1528 в Персее (в виде системы параллельных цепочек звезд, ориентированных вдоль плоскости Галактики) со структурой волокнистых диффузных туманностей, Клавдия Александровна делает вывод о генетической связи РЗС с диффузными туманностями: “...значит, РЗС и возникают из таких туманностей”⁷. Там же К.А. Бархатова впервые высказала мысль о существовании кратных РЗС, обратив внимание на то, что расстояния между центрами NGC 1528 и NGC 1545 суще-

⁷ “Астрономический журнал”, 1956. Т. 33. Вып. 5. С. 739.

ственно меньше их расстояния от Солнца. Позднее она распространила идею кратности РЗС на целые их группы: *“... На основании изучения характеристик [групп скоплений] в созвездиях Кассиопеи и Персея... удалось установить, что скопления, входящие в эти группы, физически связаны друг с другом”*. В итоге в сборнике Уральского университета К.А. Бархатовой в соавторстве с двумя своими учениками был опубликован первый “Каталог вероятных кратных РЗС (кинематические данные о 69 РЗС, принадлежащих к 30-и кратным системам)” (1981 г.). Все эти исследования РЗС Клавдия Александровна вела с общей нацеленностью на раскрытие законов эволюции звезд. Привезенные ею из АОЭ 224 негатива РЗС (200 полученных ею самой в период докторантуры и 24 – подаренных коллегами) стали основой “стеклянной” библиотеки негативов РЗС в УрГУ, которая к 1985 г. была одной из крупнейших в нашей стране.

Первая статья К.А. Бархатовой о скоплении NGC 188⁸ (которое до К.А. не привлекало внимания) стала результатом ее личных наблюдений в АОЭ. По 19 снимкам этого РЗС были определены фотографические звездные величины всех его 340 звезд, отмечена их большая общая скученность, исключительное обилие в нем слабых звезд, чрезвычайная удаленность от Солнца (2100 пк) и наибольшая среди РЗС – от плоскости Галактики (820 пк). В нем не наблюдалось и обычной для РЗС концентрации к его центру ярких звезд. Клавдия Александровна первой заметила уникальность характеристик этого скопления. В 1958 г. на МАС она представила Герцшпрунга–Рессе-ла диаграмму для NGC 188 и сделала вывод о его чрезвычайно большом возрасте (*“по возрасту самое старое РЗС в Галактике”*) и о близости по этому признаку к шаровым (ШЗС) (*“старше которых, как известно, в Галактике*



Рассеянное скопление NGC 188 в созвездии Цефея. Иллюстрация из “Атласа рассеянных звездных скоплений” К.А. Бархатовой (1958 г.; Т. 1).

образований нет”). Сообщение К.А. Бархатовой на МАС привлекло к NGC 188 всеобщее внимание исследователей. Его возраст был оценен сначала в 10 млрд. лет (как у шаровых), потом снижен вдвое; в настоящее время он вновь оценивается как близкий к 10 млрд лет.

В 1958 г. в “Астрономическом журнале” К.А. Бархатова писала о составленной ею общей Герцшпрунга–Рессе-ла диаграмме уже для двух подобных РЗС: *“Диаграмма Герцшпрунга–Рессе-ла для NGC 2682 и NGC 188 сходна с диаграммами шаровых скоплений. Оба эти скопления расположены далеко от плоскости Галактики, содержат много звезд и по своим свойствам занима-*

⁸ “Астрономический журнал”, 1956. Т. 33. Вып. 6. С. 850.



Бархатова выбирает место для строительства Коуровской астрономической обсерватории. Зима 1961 г.

ют как бы промежуточное положение между шаровыми и рассеянными скоплениями". В 1962 г. Клавдия Александровна (в соавторстве с воспитанницей уральской звездной школы Л.П. Шашкиной) исследовала РЗС NGC 6819, показав, что, как и для NGC 188, на его, Герцшпрунга–Рессела, диаграмме нет звезд начала и конца ГП. Оба РЗС составили сильно развитую ветвь красных гигантов (правая часть верхней горизонтальной последовательности звезд-гигантов на Герцшпрунга–Рессела диаграмме), причем эта ветвь идет справа налево, в направлении к ГП (то есть связывает их "мостом"). Последнее показывало дальнейшую эволюцию звезд в этих РЗС в направлении от ГП к красным гигантам (демонстри-

руя поперечный эволюционный трек продолжительностью в 1 млрд лет)! Авторы статьи сделали уверенный вывод: эти скопления очень старые, что вновь показывало сходство самых старых РЗС с шаровыми.

Особый интерес вызвало еще на X съезде МАС (1958) новое открытие К.А. Бархатовой – неожиданное присутствие в старейшем рассеянном скоплении NGC 188 молодых голубых звезд. После сомнений и споров в астрономическом мире – не звезды ли это фона (А.Сэндидж, 1960) – она, многократно проверив свои выводы о NGC 188, окончательно заключила, что в нем "помимо последовательности красных гигантов, обнаружено большое количество ярких, но менее красных, чем гиганты, звезд. Занимаемая ими на диаграмме область отвечается вверх от главной последовательности", то есть в направлении к левой части горизонтальной последовательности на Герцшпрунга–Рессела диаграмме, к голубым гигантам. Это противоречило существовавшим теориям эволюции скоплений подобного типа. Но проведенное К.А. Бархатовой исследование функции светимости для звезд скопления, по результатам совпавшее с более ранними исследованиями (в том числе голландского астронома Ж. ван ден Берга), подтвердило реальность существования в скоплении NGC 188 голубых звезд. Загадочный факт был, в конце концов, признан, а звезды определены как "пришельцы" и названы "голубыми бродягами" (одним из аспирантов К.А. Бархатовой, который предположил, что это результат их захвата скоплением).

Но... по возвращении в УрГУ вместо подготовки докторской диссертации Клавдию Александровну ожидала снова борьба – за возрождение в университете астрономической кафедры. Удалось это ей лишь в 1960 г., в чем сыграл решающую роль совет А.Г. Матвеевич (тогда заместитель председате-



Коуровская астрономическая обсерватории им. К. А. Бархатовой.

ля Астросовета АН СССР) организовать в университете наблюдения ИСЗ⁹.

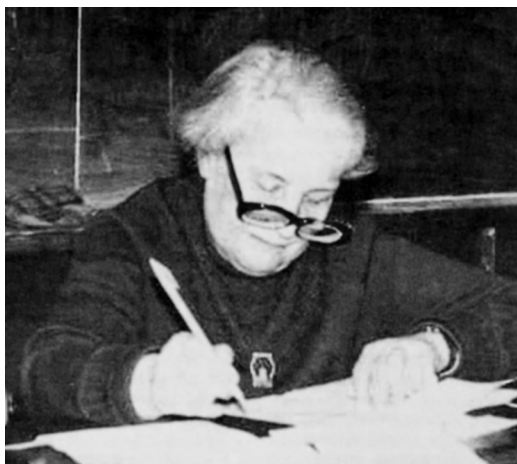
Но жизнь К. А. Бархатовой не знала состояния покоя. Ее девизом было: «И снова бой! Покой нам только снится». Началась ее новая борьба – теперь за создание двух новых университетских обсерваторий – городской учебной¹⁰ и научной – в Коуровке (УрГУ находится в Азии, а Коуровская астрономическая обсерватории – в 40 км к западу; самая восточная в Европе; Земля и Вселенная, 1968, № 1). Успех дела обеспечила не в последнюю очередь и дипломатическая мудрость Клавдии Александровны: она решительно и напрямую обратилась к партийному руководству области. Главным ее аргументом в пользу создания загород-

ной обсерватории УрГУ была необходимость наблюдений искусственных спутников Земли. Открытие Коуровской обсерватории состоялось в 1965 г. Главными направлениями ее деятельности стали: РЗС; ИСЗ; солнечная физика и Служба Солнца; геодезия и метеорология-гелиобиология. Огромную роль в строительстве обсерватории и наладке инструментов сыграли ее ученики, число которых продолжало расти... «Стиль работы “на учеников” был характерен для Бархатовой... Это доступно лишь человеку щедрому. Собственно, этот стиль и породил уральскую школу звездной астрономии», – написал И. Давыдов¹¹ в своей яркой книге о К.А. Бархатовой.

⁹ Алла Генриховна Масевич играла в этой новой области едва ли не ведущую роль в стране как организатор, благодаря блестящим знаниям языков обеспечивала и международные контакты астрономов.

¹⁰ Первая такая была создана в давние довоенные годы С.В. Муратовым его собственными руками.

¹¹ Известный российский писатель и журналист Исай Давыдов (псевдоним; настоящее имя Давид Исаакович Шейнберг; род. 1927 г., в октябре 2017 г. отметил свое 90-летие).



Основатель зимних Астрошкол в Коуровке профессор К.А. Бархатова. 1980-е гг.

Создание научной уральской школы звездной астрономии становится главным делом Клавдии Александровны. Число учеников пополняется студентами, некоторые «обгоняют» ее в научной карьере, защищая докторские диссертации, – но это и лучшая оценка ее работы! Были и потери – уход некоторых из астрономии в другие области (как ее сын Сергей – неизменный помощник во время создания обсерватории в Коуровке, но все же ушедший в свою любимую математику...). Однако они заполняются новыми поколениями студентов или даже бывшими университетскими ее учениками, попавшими сначала, по распределению, «не туда»...!

В июне 1966 г. в УрГУ под председательством профессора Б.В. Кукаркина был проведен Пленум комиссии по переменным звездам Астросовета АН СССР. Высокий московский гость дал его работе на базе УрГУ высокую оценку, сказав, что здесь уже можно проводить и общие Пленумы Астросо-

вета, и отметив, что «Коуровка на Урале – первая в Союзе астрономическая обсерватория, организованная женщиной. Может, и первая такая в мире». Потом здесь был проведен и съезд Всесоюзного астрономо-геодезического общества (ВАГО), в новое руководство которого вошла К.А. Бархатова. Воспитанники УрГУ и Коуровки разлетались не только по всей стране, но и по миру; иные сами возглавили новые институты (как, например, член-корреспондент РАН Б.М. Шустов – нынешний научный руководитель ИНАСАН).

Но Клавдии Александровне пришлось пожертвовать научной карьерой – под лавинным потоком организационных хлопот, неустанной работы по воспитанию молодых кадров астрономов до защиты собственной докторской руки так и не дошли... (Хотя многие, в том числе автор настоящей статьи, были уверены, что наш известнейший уральский «звездник», К.А. Бархатова – доктор наук (да, по сути, хотя и неформально, но так оно и было!). В 1968 г. она становится профессором УрГУ. Но несравненно более весомым званием наделили Клавдию Александровну уральские астрономы: «звездный профессор» – так стали ее называть близкие и далекие коллеги... Продолжались ее тесные контакты с отечественными и зарубежными астрономическими центрами – благодаря личному участию во многих ассамблеях МАС – немало сил требовала организация по всей стране стажировки своих учеников, проведение знаменитых зимних Астрошкол в Коуровке¹². Лишь на склоне лет, в 1985 г., Клавдия Александровна задумалась о передаче руководства Коуровской астрономической обсерваторией одной из лучших своих учениц, продолжательнице своего дела – Полине Евгеньевне Захаровой.

¹² В 1980-ые г. на одной из зимних школ в Коуровке довелось побывать автору статьи вместе с однокурсником и мужем Феликсом Александровичем Цициным. Мы и прежде были хорошо знакомы, а здесь получили уже, как друзья, в подарок от К.А. Бархатовой замечательную книгу о ней ее земляка И. Давыдова.

Клавдия Александровна скончалась 19 января 1990 г. и была похоронена на Широкореченском кладбище Екатеринбурга. На ее могиле установлен скромный, но изящно выполненный памятник. В 1995 г. решением МАС имя “Barkhatova” присвоено малой планете № 5781 (открытой выпускницами УрГУ Г. Р. Кастель и Л. В. Журавлевой 24 сентября 1990 года). Клавдия Александровна Бархатова имела множество и прижизненных наград. ... Но главной наградой стала неувядающая и благодарная память о ней в сердцах, умах и душах всех, кто ее знал, работал рядом, учился у нее не только астрономии, но и жизни... Недаром, вызывая в интернете ее имя, читаем: “Всемирно известная женщина-астроном Клавдия Александровна Бархатова”.



А.И. ЕРЕМЕЕВА
кандидат физико-математических наук
ГАИШ МГУ

Памятник К.А. Бархатовой на Широкореченском кладбище Екатеринбурга.

Информация

Открытия после “Кассини”

15 сентября 2017 г. в 14 ч 55 мин 06 с по московскому времени АМС “Кассини” завершила свои 20-летние исследования в системе Сатурна и сгорела в атмосфере газового гиганта (Земля и Вселенная, 2018, № 1, с. 94). NASA транслировали последние минуты полета станции в прямом эфире. Большой объем (массив) информации, переданный “Касси-

ни” на Землю за последние годы, поможет раскрыть многие тайны Сатурна. Например, в статье Дж.-Е. Валунд (Институт физики космоса, Швеция) сообщается, что электрически заряженная область атмосферы Сатурна (известная как ионосфера) на самом деле является намного более сложной и изменчивой, чем считалось ранее. На основе данных, полученных детектором плазмы RPWS, сделано заключение, что на ионосферу Сатурна большое влияние оказывают тени, отбрасываемые ее многочисленными кольцами (они расположены довольно близко по отношению друг к другу – чтобы не пропускать ультрафиолетовое излучение Солнца, способное

выбивать электроны из атомов атмосферных газов); поэтому в этих областях ионосферы концентрация электронов оказалась пониженной. Измерение плотности распределения электронов позволили проанализировать ряд ее зависимостей от географической широты и высоты над верхним слоем облаков Сатурна. Взаимодействие микроскопических частиц льда колец с ионосферой производит “выпадение дождя”: он не оказывает значительного влияния на нее в экваториальной области, но может проявляться более интенсивно в приполярных областях планеты.

*Журнал “Science”,
11 декабря 2017 г.*

В.С. Сафронов – создатель современной теории образования планет

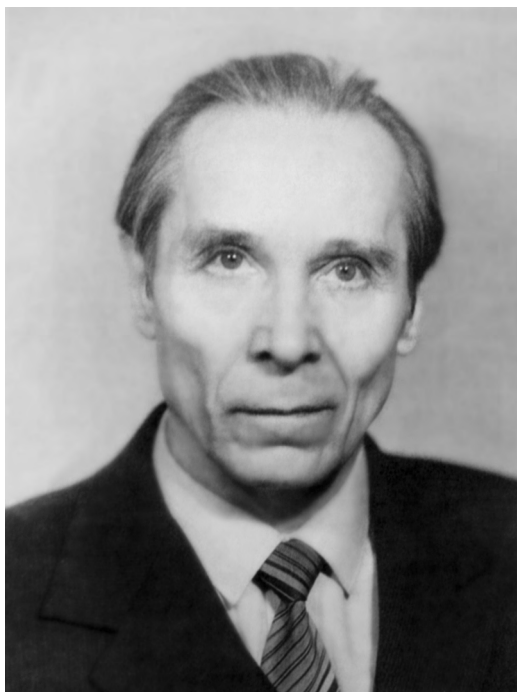
(К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

В 2017 г. исполнилось 100 лет со дня рождения Виктора Сергеевича Сафронова (1917–1999) – одного из наиболее крупных и известных в мире специалистов XX в. по планетной космогонии – науке о происхождении планет. В.С. Сафронов – последователь академика АН СССР Отто Юльевича Шмидта –

основателя российской школы планетной космогонии, заложившего ее теоретические основы (Земля и Вселенная, 2002, № 2). Виктор Сергеевич развил идеи О.Ю. Шмидта и создал тематически разработанную, детальную и всеобъемлющую теорию образования планет, включая и нашу Землю.

В.С. Сафронов родился 11 октября 1917 г. в г. Великие Луки Псковской области, где в то время проходил воинскую службу его отец. Позже семья получила небольшой надел земли в Каширском районе Московской области – на родине отца Виктора, работавшего счетоводом в сельскохозяйственной артели, и позднее – в колхозе. В пять лет Виктор умел читать, и еще в начальной школе сумел собрать простейший радиоприемник. После окончания средней школы в г. Кашире, он успешно выдержал вступительные экзамены на механико-математический факультет МГУ (при конкурсе: 3 человека на место). Окончив МГУ с отличием в июне 1941 г. по специальности астрономия, молодой человек, получив рекомендацию профессора П.П. Паренаго (Земля и Вселенная, 1976, № 5), готовился к поступлению в аспирантуру по звездной астрономии.

Начавшаяся Великая Отечественная война изменила эти планы: Виктор Сергеевич пошел добровольцем на фронт – по военной специальности, полученной во время обучения в МГУ.



В.С. Сафронов. 1987 г.

С начала лета 1942 г., после подготовки в тылу, он служил штурманом разведывательного морского самолета МБР-2 (морской ближний разведчик) в Беломорской военной флотилии, сопровождая корабли арктических конвоев, пришедших в Мурманск и Архангельск. Этим конвоям серьезно угрожали немецкие подводные лодки: их выслеживали и бомбили; кроме этого, самолеты должны были следить за ледовой обстановкой в Баренцевом море. Место штурмана располагалось в передней открытой кабине «летающей лодки», в которой и находился В.С. Сафронов во время боевых вылетов.

Прослужив в условиях Севера с начала лета 1942 г. до конца лета 1944 г., он был демобилизован по инвалидности. Дело в том, что еще весной 1942 г. вся летная часть, в которой он служил, находилась в тылу, на озере Аджикабул, в Азербайджане, где отрабатывались посадки гидросамолета на воду. В то время в долине реки Куры свирепствовала малярия, и у многих из сослуживцев его части она проявилась позже, уже в условиях Севера. В результате профилактики с помощью препаратов хинина и акрихина В.С. Сафронову удалось «продержаться» на службе более двух лет, но затем заболевание все же прогрессировало, пришлось долго лечиться. День Победы Виктор Сергеевич встретил в московской больнице – здесь им стал заниматься один из виднейших терапевтов страны – профессор Е.М. Тареев (его имя сейчас носит клиника нефрологии, внутренних и профессиональных болезней в Москве). К концу 1945 г. болезнь отступила: Виктор Сергеевич смог поступить в аспирантуру Астрономического совета АН СССР по специальности «Звездная астрономия».

В 1948 г. В.С. успешно защитил кандидатскую диссертацию по кинематике долгопериодических переменных звезд (руководители – академик В.А. Амбарцумян и профессор Б.В. Кукаркин; Земля и Вселенная, 2009, № 6), а с февраля 1949 г. по приглашению академи-



В.С. Сафронов – штурман самолета 20-й отдельной авиаэскадрильи Беломорской военной флотилии Северного флота. 1943 г.



В.С. Сафронов. 1969 г.



Самолет морской авиации МБР-2, на котором В.С. Сафронов служил штурманом в 1942–1944 гг.

ка О.Ю.Шмидта он был зачислен в Отдел эволюции Земли Геофизического института АН СССР (после смерти О.Ю.Шмидта и реорганизации в 1956 г. он стал называться Институтом физики Земли им. О.Ю. Шмидта). В отделе эволюции Земли разрабатывалась теория происхождения планет и ранней эволюции Земли, основы которой заложил академик О.Ю. Шмидт. В этом небольшом подразделении (менее 10 человек) Виктор Сергеевич проработал 50 лет (до своей кончины в 1999 г.), являясь с 1973 г. его научным руководителем.

В 1967 г. В.С.Сафронов защитил докторскую диссертацию, на основе которой в 1969 г., в издательстве “Наука” вышла в свет его монография “Эволюция допланетного облака и образование Земли и планет” (NASA опубликовало ее на английском языке в 1972 г.). По признанию многих зарубежных ученых, эта книга оказала глубокое влияние на исследователей в области планетной космогонии во всем мире. Она и сегодня продолжает вызывать интерес у исследователей и студентов, о чем, в частности, сви-

детельствуют более 2300 просмотров за последние 7,5 лет только на одном сайте (https://archive.org/details/nasa_techdoc_19720019068), где книга находится в открытом доступе, начиная с июля 2010 года.

На этот труд В.С. Сафронова ссылаются авторы большинства статей, посвященных образованию планетезималей (малых допланетных тел) и планет и опубликованных в ведущих научных журналах мира (в том числе и в 2016–2017 гг.). Популярность монографии связана с тем, что представленная в ней теоретическая модель возникновения планет, начиная с 1970-х гг. стала основой для большого числа исследований в этой области. Она кардинально изменила науку о происхождении Солнечной системы: эта область перестала быть множеством несогласованных гипотез, каждую из которых поддерживало небольшое количество ученых. На новом этапе разные ученые, при рассмотрении различных проблем планетной космогонии, соотносят каждую из них с различными аспектами одной и той же базовой парадигмы, представленной в монографии.

В этом – заслуга Виктора Сергеевича; его вклад был отмечен, в частности, в мемориальной статье (J.A. Burns, J.J. Lissauer, A.B. Makalkin / In Memoriam. Victor Sergeyevich Safronov), опубликованной в журнале "Icarus" в 2000 г.

В разделах книги В.С.Сафронова, как и во всей совокупности его работ, представлены все этапы образования планет и учтены многие физические и, прежде всего, динамические аспекты ряда связанных друг с другом последовательных процессов, ведущих к рождению планет. Основные звенья этой цепи:

- эволюция газопылевого протопланетного диска (допланетного облака) вокруг молодого Солнца;

- формирование в нем пылевого слоя в результате оседания пыли к экваториальной плоскости;

- образование в этом слое километровых и более крупных тел (планетезималей), удерживаемых от распада собственной гравитацией; дальнейший их рост (в результате объединения при взаимных столкновениях), ведущий к образованию планет земной группы и гигантов, и определяющий скорость вращения планет и наклоны осей вращения;

- выброс тел из Солнечной системы растущими планетами-гигантами;

- происхождение Главного пояса астероидов;

- нагрев растущей планеты (на примере Земли) в результате падения на нее крупных тел.

В последующих работах В.С.Сафронов и его коллеги по группе использовали теоретические разработки, отраженные в книге, при построении теории образования естественных спутников планет.

Важно, что все результаты, приведенные в монографии В.С. Сафронова, были получены до начала (или в самом начале) эры космических исследований, задолго до первых наблюдений газопылевых дисков вокруг молодых звезд солнечной массы. Такие диски были открыты к концу 1980-х гг. и, что важно отметить, они оказались сход-

V. S. Safronov

EVOLUTION OF THE PROTOPLANETARY CLOUD AND FORMATION OF THE EARTH AND THE PLANETS

TRANSLATED FROM RUSSIAN

Published for the National Aeronautics and Space Administration
and the National Science Foundation, Washington, D.C.
by the Israel Program for Scientific Translations

Монография В.С.Сафронова "Эволюция допланетного облака и образование Земли и планет". Издание NASA, 1972 г.

ными по массам, размерам и температурам с допланетным диском вокруг Солнца, который изучал и описал в своей книге Виктор Сергеевич в монографии на основе данных лишь для одной известной тогда планетной системы – нашей, что было отмечено ведущими астрофизиками (например, Beckwith, S.-V.-W. and Sargent, A.I. //Nature, 1996). Кроме того, последующие исследования, с помощью изотопных данных, подтвердили полученную Виктором Сергеевичем оценку длительности процесса образования Земли – 100 млн лет. Его монография, как и вся модель образования планет Шмидта-Сафронова, до сих пор используется в качестве инструмента для интерпретации космических наблюдений. Ряд работ ученого, написанных после появления его монографии, так же вызвали значительный



Выступление В.С.Сафронова на заседании Ученого совета в ИФЗ АН СССР, посвященном 80-летию со дня рождения академика О.Ю. Шмидта. 1971 г.

интерес международного сообщества и получили высокую оценку.

Перечислим важнейшие достижения В.С. Сафронова, не утратившие своего значения:

- создание теории образования планетезималей, которая включает в себя оседание пыли к средней плоскости как в ламинарном и в турбулентном газе протопланетного диска; формирование пылевого слоя, его гравитационная неустойчивость и образование в нем удерживаемых от распада собственной гравитацией пылевых сгущений; их дальнейшее уплотнение и превращение в планетезимали. Альтернативный путь формирования планетезималей, также рассмотренный Виктором Сергеевичем, – объединение слипающихся при столкновениях мелких допланетных тел, каждое из них – агрегат (агломерат), состоящий из мелких частиц;

- построение теории образования планет, в которой учитывается динамика процесса аккумуляции планетезималей. Ученый выполнил анализ процессов, управляющих распределением скоростей планетезималей разной массы (с учетом распределения по массам). Безразмерный параметр θ , характеризующий хаотические скорости планетезималей по отношению к скорости убегания из сферы действия наибольшего тела, назван “параметром Сафронова”. Виктор Сергеевич первым понял, что на начальной стадии формирования планет некоторые тела растут быстрее других, образуя зародыши их планет; он ввел понятие опережающего (обгоняющего) роста, которое зарубежные ученые стали называть *runaway accretion* (ускоренная аккреция);

- оценка длительности процесса образования Земли (около 100 млн лет) получила подтверждение с помощью изотопных методов исследования вещества мантии Земли и лунных образцов (основным является гафний-вольфрамовый метод геохронологии);

- разработка методики расчета нагрева ранней (растущей) Земли в результате ударов крупных допланетных тел, падавших на нее; методика учитывает теплоперенос при перемешивании вещества в процессе образования кратеров.

Признавая заслуги В.С. Сафронова, в 1974 г. Академия наук СССР присудила ему премию им. О.Ю. Шмидта; в 1989 г. Международное метеоритное общество наградило его почетной медалью им. Леонарда Эйлера; в 1990 г. Американское астрономическое общество – премией им. Дж. Койпера. Именем В.С.Сафронова американский астроном Эдвард Боуэл назвал астероид № 3615 (1983 г.); его именем также назван кратер на Плутоне (2015 г.). В 1997 г. Виктору Сергеевичу было присвоено звание “Заслуженный деятель науки Российской Федерации”. В.С.Сафронову посвящен вышедший в 2000 г. сборник “Протозвезды и планеты IV”, который входит в серию научных

PROTOSTARS AND PLANETS IV

Vincent Mannings
Alan P. Boss
Sara S. Russell

Editors

With 167 collaborating authors

THE UNIVERSITY OF ARIZONA PRESS
Tucson

DEDICATION

We dedicate this volume to V. S. Safronov for his pioneering work on planet formation theory.

Обложка сборника "Protostars and Planets IV" с посвящением В.С. Сафронову. 2000 г.

сборников о планетах, издаваемую Аризонским университетом; на 1400 страницах сборника помещены обзоры 167-ми авторов и соавторов. В этом же году Виктору Сергеевичу была посвящена специальная сессия 25-й Генеральной ассамблеи Европейского геофизического союза в г. Ницце (Франция).

В документальном сериале ВВС "Планеты" (1999 г.) подробно обсуждается работа В.С. Сафронова, приводится записанное интервью с ним.

В течение многих лет Виктор Сергеевич был членом Редколлегий нескольких научных журналов по планетным исследованиям: отечественного журнала "Астрономический вестник" (англоязычная версия – "Solar System Research") и известных зарубежных журналов "Icarus" и "Planetary and Space Science". Он – автор и соавтор более 150 научных работ; двухтомник его избранных трудов опубликован в 2002 г. Институтом физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН.

*А.Б. МАКАЛКИН,
кандидат физико-математических наук
ведущий научный сотрудник
Института физики Земли
им. О.Ю. Шмидта РАН*

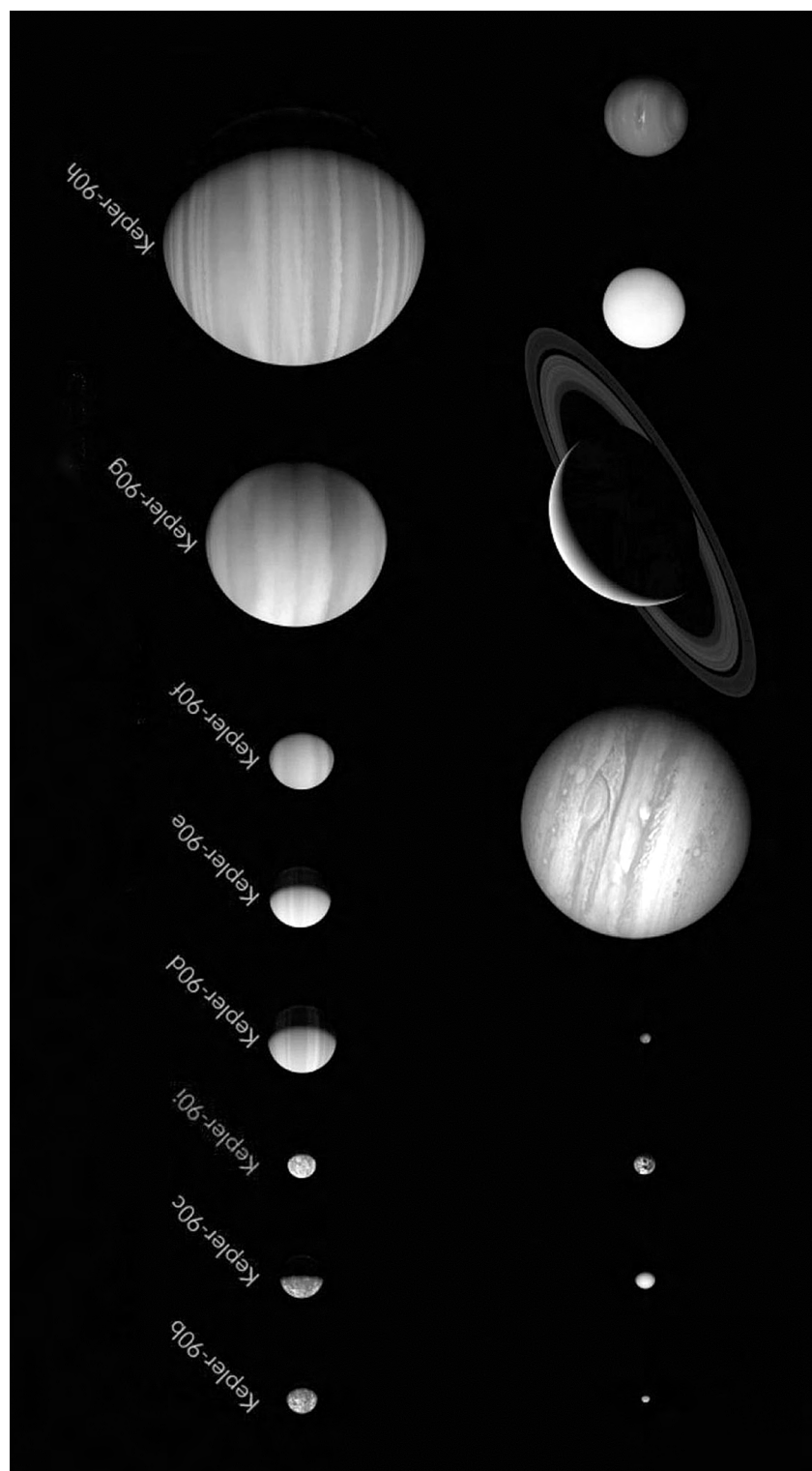
Информация

Экзопланеты: новые открытия

Две экзопланеты системы TRAPPIST-1, находящейся в созвездии Водолея в 39,5 св. лет от нас, были идентифицированы как обитаемые в результате исследований, проведенных Эми Барр (Планетологический институт США). Систе-

ма TRAPPIST-1, открытая в 2016 г., представляет большой интерес для планетологов, поскольку она содержит, согласно данным наблюдений, семь планет размером примерно с Землю. Они получили обозначения от *b* до *h*, в направлении от звезды к периферии (см. 2-ю стр. обложки, сверху). Поскольку звезда TRAPPIST-1 (красный карлик возрастом $7,6 \pm 2,2$ млрд лет, размером немного больше Юпитера и массой $0,08 \pm 0,007 M_{\odot}$) –

очень старая и тусклая – поэтому поверхности планет ее системы имеют относительно низкие температуры, в диапазоне от 400 К ($+127^{\circ}\text{C}$) и до 167 К (-106°C). Они обращаются очень близко к звезде по орбитам с периодами всего лишь в несколько суток и имеют заметный эксцентриситет (то есть их орбиты – эллиптические); поэтому планеты испытывают приливной нагрев, подобно спутникам Юпитера и Сатурна.



Сравнение размеров экзопланет системы Kepler-90 с планетами, входящими в Солнечную систему. Расстояния до центральной звезды указаны не в масштабе; радиус орбиты самой удаленной экзопланеты, Kepler-90h, примерно равен радиусу орбиты Земли. Рисунок NASA.

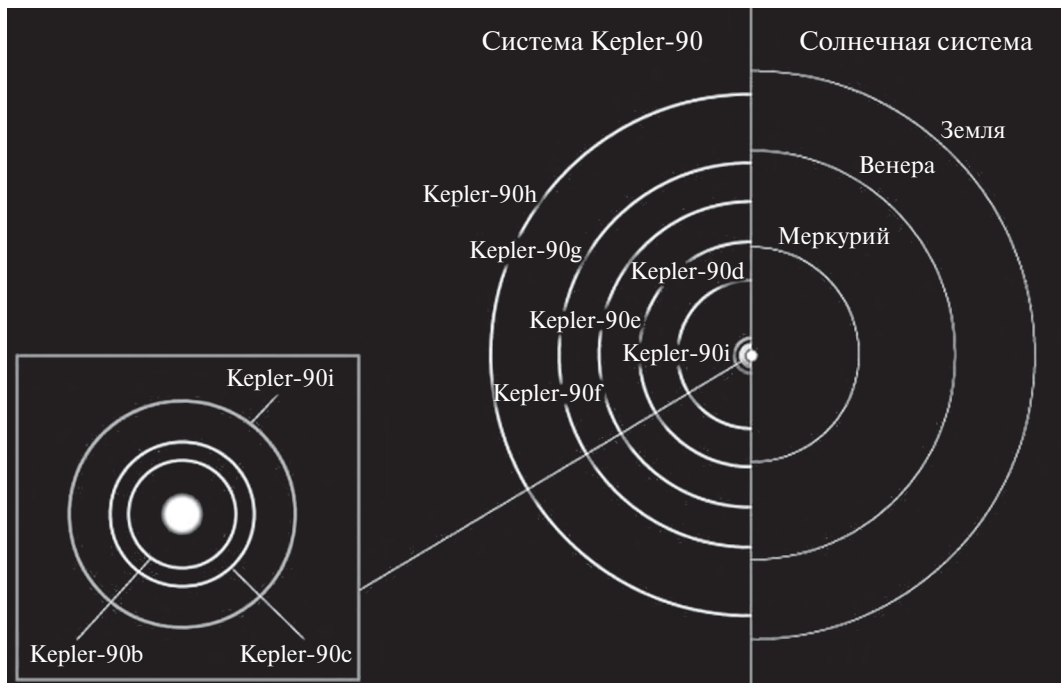


Схема расположения орбит планетной системы Kepler-90 и планет земной группы в Солнечной системе. Рисунок NASA.

Ученые использовали метод компьютерного моделирования структуры планет – принимая, что они состоят из водяного льда, каменных пород и железа. Наиболее вероятные кандидаты на обитаемость – планета *d* (обращается вокруг родительской звезды за 4,05 сут, имеет радиус $0,77 R_3$ и массу $0,33 M_3$) и планета *e* (обращается за 6,1 сут, имеет радиус $0,92 R_3$ и массу около $0,5 M_3$) системы – так как у них зафиксированы умеренные температуры поверхности ($d = +15^\circ \text{C}$, $e = -22^\circ \text{C}$) и достаточное количество получаемого тепла за счет “приливного” разогрева от близко расположенной родительской звезды. Вероятно, поверхность планеты *d* покрывает глобальный водный океан и она обладает плотной атмосферой.

14 декабря 2017 г. NASA объявило об открытии астрономом Э.Вандербургом (Техасский университет) и его коллегами восьмой планеты на орбите вокруг звезды Кеплер-90 (KOI-351). Эта звезда – желтый карлик возрастом около 2 млрд лет и массой $1,2 M_\odot$; находится в $2,54 \pm 0,33$ тыс. св. лет от нас в созвездии Дракона. Kepler-90 отличается от Солнечной системы: в ней все восемь планет располагаются слишком близко к родительской звезде, а земледоподобные – располагаются ближе к звезде и дальше от газовых гигантов. Шесть внутренних планет системы – это суперземли (*b*, *c*, *i*) или мини-нептуны (*d*, *e*, *f*); две внешние (*g* и *h*) – газовые гиганты, размером с Сатурн и Юпитер. Самая удаленная, Kepler-90h, обра-

щается вокруг своей звезды примерно на таком же расстоянии, на каком Земля находится от Солнца. Температура на поверхности 8-й планеты – Кеплер-90h – очень высока и достигает $+450^\circ \text{C}$ (как на Венере); она обращается вокруг родительской звезды с периодом в 14,4 сут.

Система Кеплер-90, состоящая из 8-ми планет, – рекордная из известных (кроме солнечной). Первые планеты этой системы были обнаружены транзитным методом в ходе обзора неба, выполненного в 2009–2013 гг. космической обсерваторией “Кеплер” (Земля и Вселенная, 2009, № 4, с. 44–45; 2011, № 6; 2015, № 6, с. 13).

Журнал
“Astronomy &
Astrophysics”,
2017. Т. 608. № 2.

“Доун”: пятна на Церере

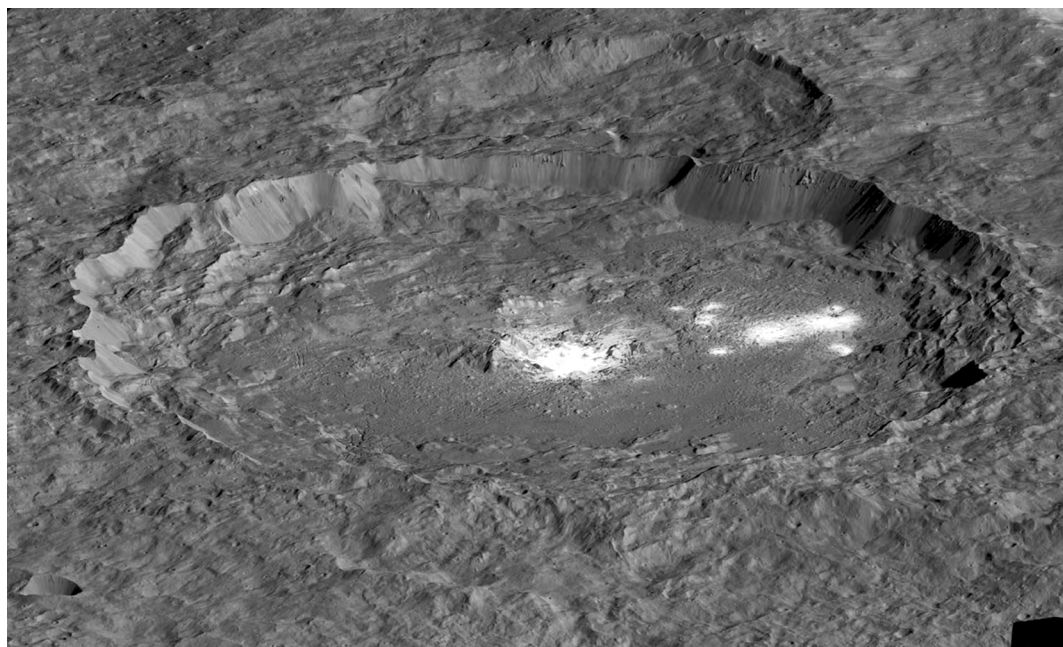
С момента прилета АМС “Доун” (“Dawn”) к Церере, в марте 2015 г., ученые обнаружили на поверхности этой довольно темной карликовой планеты (размером $446 \times 481 \times 483$ км) более 300 ярких пятен (Земля и Вселенная, 2015, № 4, с. 102; 2017, № 1, с. 94; 2017, № 4, с. 54), свидетельствующих о том, что на ней до сих пор протекают активные геологические процессы. Миллиарды лет назад Церера была покрыта тысячами ярких пятен; на протяжении сотен миллионов лет материал пятен постепенно смешивался с темным веществом, слагающим ее поверхность, а также с обломками, выброшенными во время падения метеоритов. Светлые

пятна в кратерах Цереры подтверждают существование (возможно даже в настоящее время) неглубокого резервуара, заполненного жидкой соленой водой. Сейчас ученые уже лучше понимают, как эти пятна сформировались и как меняются с течением времени (см. 2-ю стр. обложки, внизу).

Пятна на Церере делят на четыре вида. Пятна первого вида, с наиболее ярким веществом, встречаются на дне кратеров. Например, кратер Оккатор, диаметром 92 км и глубиной 4 км, мог образоваться во время удара астероида; из недр по трещинам “рассол” поднимался к поверхности, вызывая гидротермальную активность. Самая яркая область – *Cerealia Facula* – расположена в центре кратера; она представляет собой яму диаметром 10 км с небольшим куполом. К востоку от *Cerealia Facula* находится группа диффузных областей *Vinalia Faculae*. Насыщенная газами

вода через трещины поступала на поверхность, вскипала из-за низкого давления и выбрасывала частицы солей, создавая ореолы *Vinalia Faculae*. Обе области покрыты смесью различных солей, выглядящих как грязный снег; но *Cerealia Facula* сформировалась иначе. По всей видимости, потоки ледяной лавы, поднимавшиеся по трещинам на дне Оккатора, постепенно напластовывали купол.

Более распространены пятна второго вида; они встречаются на краях кратеров и представляют собой осыпи светлого вещества, которые стекают на дно. Вероятно, эти пятна появились в результате обнажения залежей светлого вещества под ударами астероидов. Пятна третьего вида расположены вблизи кратеров – это выброшенный из них материал. В четвертую группу входит только один объект – гора Ахуна; по ее склонам медленно стекают ледники. Криовулкан



Яркие пятна в кратере Оккатор на Церере: в центре – область *Cerealia Facula*, ближе к правому краю – *Vinalia Faculae*. Снимок получен 12 декабря 2017 г. с помощью АМС “Доун”. Фото NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA/PSI.

Ахуна – единственная яркая область на Церере, не связанная ни с одним из ударных кратеров.

Станция выполнила, кроме съемок поверхности Цереры, гравиметрические измерения ее внутренней структуры. Обнаружена отрицательная корреляция между топографическими деталями и гравитационными аномалиями (см. 2-ю стр. обложки, внизу). Простейшая модель внутреннего строения Цереры содержит всего два слоя – кору и мантию, простирающуюся до центра. Плотность коры (толщиной 41 ± 3 км) близка к плотности водяного льда; однако, вещество коры оказывается в сотни раз жестче и прочнее льда. Возможные компоненты вещества коры: водяной лед, гидратированные сульфаты магния и натрия (мирабилит), карбонаты магния и кальция, оливин и ме-

тан. Обилие водяного льда, гидратированных минералов и солей объясняется наличием в прошлом на Церере глобального океана (или больших участков поверхности), покрытых водой с растворенными в ней солями. После того как часть воды испарилась (а остальная замерзла), это привело к концентрации солей и формированию коры.

Напомним, что 30 июня 2016 г. завершилась основная программа исследований АМС “Доун”, за время которой в общей сложности она пролетела 5,6 млрд км, совершила 2450 оборотов вокруг Весты и Цереры, отправила на Землю 132 Гб данных (в их числе – 69 тыс. изображений этих двух тел), а ионный двигатель станции работал 48 тыс. часов. 6 июля 2016 г. в NASA была принята программа расширенной миссии.

сделана фотография – полярная шапка состоит в основном из водяного льда, перемешанного с пылью. Замороженная углекислота, покрывающая околополярные области зимой, уже испарилась, – для того чтобы с наступлением зимы на Южном полушарии сконденсироваться вокруг южного полюса. Водяной лед также испаряется, пополняя атмосферу Марса паром, который атмосферными течениями переносится к южному полюсу и там откладывается.

На изображении – южнее и выше северной полярной шапки – можно видеть поднятие Фарсиды (*Tharsis region*) – крупнейшее вулканическое нагорье к западу от долин Маринера в районе экватора, чья площадь превышает площадь Европы. Фарсида приподнята относительно среднего уровня Марса примерно на 5 км, вулканические конусы поднимаются над ней еще на 10–22 км; самый знаменитый вулкан Олимп (*Olympus Mons*) оказался “за кадром”, но в центре снимка запечатлена гора

29 октября 2016 г. окончена программа наблюдений на круговой орбите высотой 1480 км, в ходе которой получено порядка 3 тыс. фотографий поверхности и спектров Цереры. 19 октября 2017 г. во второй раз продлена расширенная программа по исследованию Цереры. В 2018 г. продолжена фотосъемка поверхности Цереры, получение спектров, изучение гравитационного поля, детектирование нейтронов и гамма-излучения. Предполагается, что станция будет продолжать наблюдения с орбиты Цереры до второй половины 2018 г., – пока окончательно не иссякнут запасы топлива. После завершения миссии, для того, чтобы избежать загрязнения поверхности Цереры, станцию оставят навечно на орбите карликовой планеты.

*Пресс-релиз NASA/JPL,
12 декабря 2017 г.*

Информация

Новый обзорный снимок Марса

С целью дополнительной калибровки стереокамеры высокого разрешения HRSC с помощью АМС “Марс Экспресс” 19 июня 2017 г. получен снимок Марса в необычном ракурсе – так как станция летела с севера на юг (см. 3-ю стр. обложки, сверху). Обычно работу всех 9-ти каналов камеры планируют так, чтобы она снимала область поверхности планеты, имея примерно одинаковые условия освещенности; однако, во время калибровки камеру направили на линию горизонта. В результате получился редкий обзорный снимок Марса, в верхней части которого оказалась экваториальная область, находящаяся у лимба планеты, а в нижней части – погруженный в ночную тень северный полюс. Весной в Северном полушарии – когда была

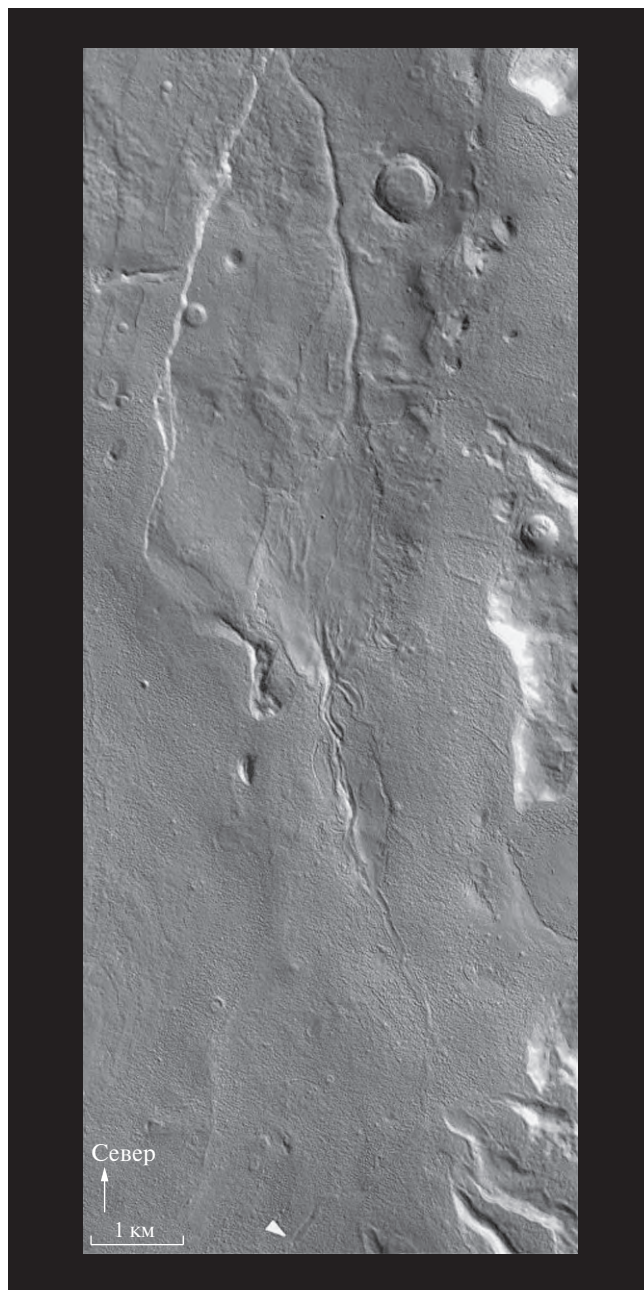
Альба (*Alba Mons*), чье основание превышает 1000 км. Она расположена на краю поднятия Фарсиды, поверхность вокруг горы покрыта длинными параллельными разломами, образовавшимися в первый миллиард лет формирования Марса, – когда подъем магмы из недр планеты “деформировал” кору и “формировал” Фарсиду. Позже обрушение сводов и стенок опустевших магматических каналов приводило к появлению новых трещин. На снимке, дальше к югу, можно видеть Аскрийскую гору (*Ascraeus Mons*) высотой 15 км, окутанную легкими облаками.

Из-за меньшей силы тяжести марсианские вулканы гораздо крупнее земных. Так, самый крупный земной вулкан Мауна-Кеа поднимается над своим основанием только на 10 км (из них – на 4,2 км – над уровнем моря). Тонкая слоистая дымка видна вверху снимка и над лимбом Марса.

*Пресс-релиз ESA,
14 декабря 2017 г.*

Вода текла на Марсе в эпоху динозавров

Планетологи нашли в Северном полушарии Марса крупные залежи и следы потоков талой воды, которая текла “совсем недавно” — примерно 110 млн лет назад, во времена расцвета эпохи динозавров. К такому выводу пришли ученые, изучая снимки умеренных широт планеты. Они получены фотокамерами американской АМС “Марсианский орбитальный разведчик” (“MRO”; Земля и Вселенная, 2005, № 6, с. 56; 2012, № 2, с. 110–111; 2016, № 1, с. 106–107). Например, на полученных “MRO” в январе 2018 г. снимках обнаружили восемь мест, где толстые слои отложений льда видны в Южном полушарии Марса, на крутых склонах эскарпов, на широте 55–58°. Эти отложения выглядят в поперечном разрезе как относительно чистый водяной лед, который сверху прикрыт “крышкой” толщиной 1–2 м, состоящей из каменистых пород или пыли, сцементированной льдом (см. 3-ю стр. обложки, внизу). Вновь открытые эскарпы дают ценные сведения об истории климата Красной планеты: ранее считалось, что средние широты Марса слишком холодны для того, чтобы там могли формироваться потоки жидкой воды — средние температуры там не превышают –55°С. Наблюдения показали, что подземная вулканическая активность и столкновение ледников могли выработать достаточно тепла в недавнем прошлом для того, чтобы часть из них растопить.



Овраг длиной около 700 м на равнине Темпе. В центре снимка — след движения жидкой воды по поверхности Марса. Снимок получен с помощью камеры высокого разрешения HiRISE АМС “MRO”. Фото NASA/JPL.

За последние годы найдено множество примеров того, что на поверхности Марса в глубокой древности были во-

доемы: реки, озера и океаны, содержавшие в себе почти такое же количество жидкости, что и в Северном Ледовитом

океане (Земля и Вселенная, 2008, № 4). С другой стороны, даже в древние эпохи Марс мог быть слишком холодным для того, чтобы на нем постоянно существовали океаны – его вода могла находиться в жидком состоянии лишь после извержений вулканов. Открытие следов мощнейших океанических цунами на Марсе, а также некоторые другие данные о его геологии заставляют многих ученых считать, что жидкая вода могла существовать на Марсе не всегда, а лишь эпизодически – когда на планету падали крупные метеориты или когда “просыпались” его вулканы. Потоки такой талой воды могли “прорывать” гигантские каналы на его поверхности и образовывать временные океаны и озера, не замерзавшие, однако, сотни тысяч и миллионы лет. Ледники Марса постоянно движутся вниз по

склонам гор или по равнинам, отступая и наступая по мере повышения (или понижения) температур, создавая специфические формы рельефа. Они помогут понять, с какой скоростью движутся льды на Марсе. Анализируя снимки равнины Темпе (+24/+54 с.ш. и 51/93 з.д.), выполненные станцией “MRO”, расположенной к северу от вулканического плато Фарсида – неподалеку от современных ледников – удалось найти невысокие и очень длинные холмы, похожие по форме на валы, названные “озами”. В отличие от других ледниковых форм рельефа, озы формируются не в результате движения льдов, а потоками талой воды, которые возникают на границе между подножием ледника и грунтом и прокладывают здесь узкие, но длинные каналы длиной в несколько десятков кило-

метров. Та часть равнины Темпе, на которой находятся озы и связанный с ними ледник, сформировалась примерно 150–110 млн лет назад. Что могло растопить льды и заставить их отступить? – Как полагают ученые, источником тепла в данном случае служили подледные вулканы: под равниной Темпе проходит геологический разлом.

Озы и соседние ледники могут стать одним из мест, на которых будут построены обитаемые базы, по нескольким причинам: здесь не только сохранились большие запасы воды; сам ледник может скрывать в себе потенциальные “следы” марсианской жизни, существовавшей на поверхности планеты в далеком прошлом.

Журнал “Journal of Geophysical Research”, 2017. Т. 122. № 11.

Информация

“Новые горизонты” летит к тройному астероиду

АМС “Новые горизонты” (“New Horizons”) – первый космический аппарат, пролетевший 14 июля 2015 г. рядом с карликовой планетой Плутон на расстоянии 12,5 тыс. км (Земля и Вселенная, 2015, № 6, с. 94–98; 2016, № 1, с. 16–20). Благодаря собранному за несколько дней данным стало известно, что на Плуtone есть криовулканы, ледники, горные цепи, а также признаки подповерхностного океана. Сей-

час станция находится на пути к своей новой цели – транснептуновому объекту 2014 MU69 из пояса Койпера, к которому она прилетит 1 января 2019 г. Предполагается, что он может быть каменно-ледяным телом. Ранние наблюдения Космического телескопа им. Хаббла показали, что его поверхность имеет красноватый оттенок – как у Плутона. Предварительные оценки его размера показывают, что он – диаметром от 20 до 40 км, совершает оборот вокруг Солнца за 295 лет.

Несмотря на то, что “Новые горизонты” находится еще довольно далеко от этой цели, специалисты уже сейчас пытаются узнать о ней больше – в том числе,

для планирования сбора данных о 2014 MU69 при его пролете и для коррекции траектории полета станции. В июне–июле 2017 г., когда станция находилась в “спящем” режиме, была проведена масштабная кампания по наблюдению трех покрытий объектом 2014 MU69 далеких звезд с помощью летающей обсерватории “SOFIA”, Космического телескопа им. Хаббла и космической обсерватории “Гайя” (“Gaia”; Земля и Вселенная, 2014, № 3), а также командой “KBO Chasers”, состоявшей из астрономов, вооруженных наземными мобильными телескопами. На основе полученных данных была произведена оценка размеров и формы объекта: ока-

залось, что 2014 MU69 – не одиночное небесное тело, а система, состоящая из двух тел диаметром около 15–20 км, вращающихся вокруг общего центра масс на очень малом расстоянии

друг от друга (либо с сильно вытянутым одиночным телом длиной около 30 км). Однако, проанализировав данные обсерватории SOFIA об покрытии звезды 10 июля 2017 г., астрономы предпо-

ложили, что у 2014 MU69, возможно, есть небольшой спутник; поэтому объект может быть тройной системой.

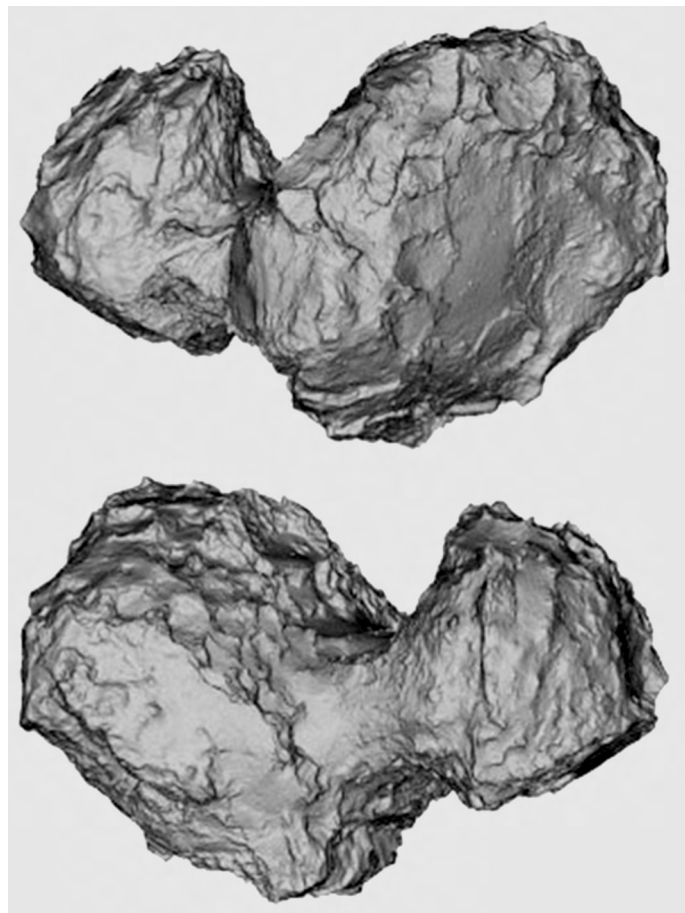
*Пресс-релиз NASA/JPL,
22 декабря 2017 г.*

Информация

Модель ядра кометы Чурюмова–Герасименко

На основе 1,5 тыс. снимков кометы 67P/Чурюмова–Герасименко, полученных с августа 2014 г. по май 2015 г. с помощью двух камер инструмента OSIRIS AMC “Розетта” (ESA), специалисты под руководством Ф.Прейскера (Германский центр авиации и космонавтики, DLR) создали трехмерную модель ее ядра (размеры $1,3 \times 3,2 \times 4,1$ км) разрешением всего в несколько десятков сантиметров. Она позволила ученым оценить объем ($18,56 \text{ км}^3$) и плотность ($537,8 \text{ кг/м}^3$) небесного тела. Эти данные позволяют уточнить, как выглядела довольно сложная поверхность ядра кометы до перигелия – максимального сближения с Солнцем – в августе 2015 г.

Напомним, что за два года исследований с орбиты искусственного спутника “кометы станция” собрала огромный материал, это позволило ученым сделать немало открытий: так, на комете обнаружены газо-



Трехмерная модель ядра кометы Чурюмова–Герасименко в двух проекциях. По данным DLR/ESA.

пылевые гейзеры и балансирующие скалы, “сухой” и водный лед, иней и следы соединения морфологически разных регионов (Земля и Вселенная, 2015, № 1,

с. 42–44; 2015, № 2, с. 108–110; 2015, № 4; 2017, № 1, с. 36–37).

*Пресс-релиз DLR/ESA,
16 ноября 2017 г.*

Памяти Джона Янга

5 января 2018 г. в Хьюстоне (штат Техас) на 88-м году жизни от осложнений, вызванных пневмонией, умер астронавт NASA Джон Янг (John Watts Young; 17-й астронавт мира, 6-й астронавт США) – один из пионеров освоения космоса, девятый астронавт, побывавший на Луне. Джон Янг поставил несколько рекордов:

– шесть раз летал в космос, управлял четырьмя космическими кораблями разных типов (этот рекорд вряд ли будет побит);

– участвовал в трех пилотируемых программах и двух лунных экспедициях;

– проехал на луноходе почти 27 км и провел на Луне три дня;

– стал первым командиром корабля “Спейс Шаттл”;

– в шестом полете корабля “Спейс Шаттл” по программе STS-9 руководил первым в мире экипажем из шести человек;

– дольше всех астронавтов прослужил в NASA (42 года).

Джона Янга можно назвать человеком с самой яркой и многогранной карьерой в истории космоса.

Директор NASA Роберт Лайтфут сказал: «Сегодня Национальное управление США по аэронавтике и исследованию космического пространства и мир потеряли первооткрывателя. Легендарная карьера астронавта Джона Янга охватывает три поколения космических полетов. Мы будем “стоять на его плечах”, когда будем смотреть на следующий рубеж. Джон был одним из тех первопроходцев космоса, чья храбрость и приверженность делу положили начало великим достижениям нашей страны. Но, недовольный этим, он продолжал вносить свой вклад и после своего последнего, шестого, полета в космос. Это было мировым рекордом во время его выхода на пенсию». Директор Космического центра им. Л. Джонсона и бывший астронавт Эллен Очоа заявила, что трудно переоценить влияние, которое Джон Янг оказал на космические полеты: “Помимо новаторских шести миссий в рамках трех космических программ,



Астронавт Джон Янг – участник программы “Аполлон”, 1972 г. Фото NASA.



Джон Янг – представитель второго набора отряда астронавтов США, 1962 г. Фото NASA.



Члены экипажа “Джемини-3” Джон Янг и Вирджил Гриссом на тренировках. Март 1965 г. Фото NASA.

он неустанно работал десятилетиями, чтобы понять и смягчить риски, с которыми сталкиваются астронавты NASA. Он был нашим защитником”.

В космическом ведомстве отметили: *“Он был первым человеком, совершившим полет в космос шесть раз с Земли и семь раз, если считать запуск с Луны. После ухода из NASA он продолжал выступать за развитие технологий, которые позволят нам жить и работать на Луне и Марсе... Мы опечалены потерей этого выдающегося астронавта”.* Соболезнования родным и близким легендарного астронавта направили бывшие коллеги, а также экс-президент США Джордж Буш.

Джон Янг родился 24 сентября 1930 г. в Сан-Франциско (штат Калифорния) в семье военного; детские годы провел в г. Орlando (штат Флорида), учился в начальной школе в г. Кастервилль (штат Джорджия). В 1948 г. окончил среднюю школу в Орlando, в 1952 г. окончил с отличием Технологический институт Джорджии со степенью бакалавра аэронавтики.

В 1952 г. был призван на службу в ВМС США, до июня 1953 г. служил на эскадренном миноносце, принимал участие в Корейской войне. В 1954 г. прошел обучение в Школе повышенной подготовки ВМС на авиационной станции “Корпус-Кристи” (“Тело Христово”) в штате Техас. В 1955–1959 гг. служил летчиком-истребителем в 103-й истребительной эскадрилье, летая на самолетах F-9 с борта авианосца “Корел Сea” и F-8 с борта авианосца “Форрестол”. После службы в ВМС США в 1959 г. Дж. Янг был направлен в школу летчиков-испытателей; после обучения в течение трех лет служил в Лето-испытательном центре ВМС, принимал участие в совершенствовании комплекса вооружений самолетов F-9 и F-4H “Фантом”. 21 февраля 1962 г., взлетев с авиабазы Брюнсуик (штат Мэн), установил мировой рекорд по скорости подъема на самолете F-4H-1 “Фантом-2” на высоту в 3 км (34,5 с). 3 апреля 1962 г. установил аналогичный рекорд для высоты 25 км – 230,4 с. К моменту зачисления в отряд астро-

навтов NASA служил офицером по техническому обслуживанию в 143-й истребительной эскадрилье на авиабазе Мирамар (штат Калифорния).

В сентябре 1962 г. Дж. Янг был отобран во вторую группу астронавтов США, состоявшую из 9 человек, в которую вошли также Нейл Армстронг, Фрэнк Борман, Томас Стаффорд, Эдвард Уайт. Первый космический полет Дж. Янг совершил 23 марта 1965 г. совместно с командиром корабля Вирджилом Гриссомом на КК “Джемини-3” (масса 3 237 кг). Это был первый испытательный пилотируемый полет американского двухместного корабля по программе “Джемини” (“Gemini”). Корабль запущен с помощью РН “Титан-2”. В полете экипаж проверил возможности по корректировке орбиты и регулировке систем корабля, выполнил маневр в режиме ручного управления с целью сближения с другим космическим объектом. Корабль совершил три витка вокруг Земли на высоте 224–240 км (наклонение – 32,6°, период обращения – 88,3 мин) длительностью 4 ч 52 мин. Дж. Янг пронес на борт (как считается, тайком) сэндвич с говядиной, который предложил во время полета В.Гриссому вместо бортовой еды. Инцидент вызвал недовольство нескольких конгрессменов, и, как писал потом Янг в мемуарах, руководству NASA пришлось заверить их, что в агентстве приняли меры для того, чтобы такого больше не повторилось. Программа полета была выполнена частично: не удалась некоторые второстепенные эксперименты из-за неправильных настроек 16-мм камеры. При возвращении на Землю астронавтов ждал неприятный сюрприз: корабль отклонился от заданной траектории и приводнился в Атлантике, в 111 км от расчетной точки. Саргассово море было беспокойным, экипаж нашли только через 70 мин: их подобрал авианосец “Интерпид”. Несмотря на всю предполетную подготовку, ас-



Джон Янг и Майкл Коллинз – экипаж КК “Джемини-10”. Июнь 1966 г. Фото NASA.

навты на себе испытали, что такое морская болезнь.

Второй полет (с 18 по 21 июля 1966 г.) Джон Янг выполнил в качестве командира КК “Джемини-10”, пилотом был Майкл Коллинз. Корабль массой 3762 кг вышел на первоначальную орбиту высотой 161×269 км, наклонением 28,87°, периодом обращения 88,79 мин. За 1 ч 40 мин до запуска “Джемини-10” с космодрома Канаверал стартовала РН “Атлас-Д”, которая вывела на орбиту высотой 290×296 км вторую ступень – ракету-мишень “Аджена-10” (“Agena-X”). После проведенных маневров корабль сближился с ракетой на расстояние до 12 м и некоторое время находился около нее, совершая с ней “групповой полет”; через 5 ч 58 мин после старта “Джемини-10” пристыковался к ракете “Аджена-10”. Трижды включался основной двигатель ракеты “Аджена-10”, в результате чего система “корабль–ракета” перешла на орбиту с апогеем 753,3 км с целью отработки орбитального маневрирования. В полете экипаж фотографировал Землю, регистрировал радиационный фон для оценки радиационной опасности будущих лунных экспедиций. После этого с помощью двигателей ракеты “Аджена-10” орбита вновь была понижена до круговой,



Ю. Сернан, Т. Стаффорд и Дж. Янг – члены экипажа КК “Аполлон-10”. Апрель 1969 г. Фото NASA.

высотой 394 км, для того, чтобы сблизиться с ракетой-мишенью “Аджена-8” (она находилась, начиная с 16 марта 1966 г. на орбите высотой 397×402 км). Корабль оказался на расстоянии 2250 км позади ракеты “Аджена-8” и на несколько километров ниже ее. Затем были включены вспомогательные двигатели ракеты “Аджена-10” и произведен маневр по совмещению плоскостей орбит “Джемини-10” и ракеты “Аджена-8”. 19 июля М. Коллинз открыл люк, высунулся из него по плечи и провел съемку. Эксперимент продолжался 35 мин вместо запланированных 55-ти, так как оба астронавта почувствовали сильное раздражение глаз – оно было вызвано парами гидроксида лития (соединение используется для поглощения углекислого газа в системе регенерации кислорода). 20 июля в результате действий экипажа корабль был отстыкован от ракеты “Аджена-10” и после ряда маневров приблизился к ракете “Аджена-8” на расстояние до 15 м. Через 4 ч М. Коллинз во второй раз вышел в открытый космос; он был привязан к кораблю с помощью 9-метрового фала, по которому к астронавту поступал кислород для дыхания. Выйдя из ка-

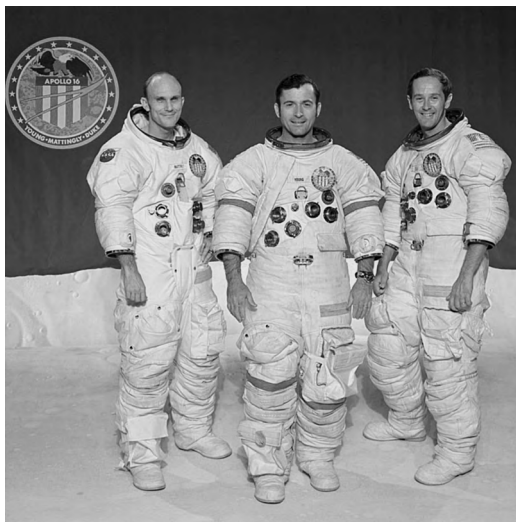
бины, астронавт снял с корпуса корабля держатель с ловушками метеорных частиц и передал его Дж. Янгу. Через полчаса с Земли была дана команда прекратить эксперимент из-за перерасхода топлива, и М. Коллинзу пришлось вернуться в кабину. 21 июля корабль совершил посадку в Атлантике, в 850 км к востоку от мыса Канаверал; космонавтов доставили вертолетом на борт авианосца “Гуадалканал”. Приводнение “Джемини-10” и спасение космонавтов передавалось по телевидению через спутник связи “Эрли Бёрд”. Длительность полета составила 2 сут 22 ч 46 мин.

Дж. Янг был включен в состав группы астронавтов, подготовка которых проводилась по программе “Аполлон”. Во время третьего полета (с 18 по 26 мая 1969 г.) длительностью 8 сут Дж. Янг был пилотом командного модуля “Чарли Браун” КК “Аполлон-10”, запущенного с помощью сверхтяжелой РН “Сатурн-5” (общая масса командного и лунного модулей составила 42,9 т). Это был второй полет по программе “Аполлон”, с выходом на окололунную орбиту; экипаж провел “генеральную репетицию” высадки на Луну (Земля и Вселенная, 1969, № 4, с. 17–18). 21 мая корабль вышел на орбиту вокруг Луны высотой 109×315 км и периодом обращения 2 ч 10 мин. Дж. Янг оставался в командном модуле “Аполлона-10”, а Томас Стаффорд и Юджин Сернан совершали автономный полет в лунном модуле “Снупи” на высоте 15 км над поверхностью Луны: имитировались основные маневры посадки, проводились визуальные наблюдения и съемки выбранного основного потенциального места посадки лунного модуля КК “Аполлон-11”. Раздельный полет командного и лунного модулей продолжался примерно 8 ч. Астронавты наблюдали лунные ориентиры и вели съемку участков будущей посадки, а также интересных в научном отношении элементов лунного рельефа. После 61 ч 40 мин пребыва-

ния на орбите Луны на 32-м витке был включен основной двигатель командного модуля для обеспечения перехода на траекторию полета к Земле. Сразу после ухода с окололунной орбиты астронавты провели в течение 53 мин сеанс телевизионного репортажа (в цвете), в ходе которого была показана постепенно удаляющаяся Луна (некоторое время была видна ее обратная сторона). 26 мая спускаемый аппарат КК “Аполлон-10” совершил посадку в Атлантическом океане, в 6,3 км от авианосца “Принстон”, который взял экипаж на борт.

В четвертом полете (в 1972 г., с 16 по 27 апреля) Дж. Янг был командиром экипажа КК “Аполлон-16” (масса – 45,1 т), пилот командного модуля “Каспер” – Томас Маттингли (оставался на окололунной орбите); пилот лунного модуля “Орион” – Чарльз Дьюк. Это была пятая экспедиция по программе “Аполлон” с высадкой на поверхность Луны (Земля и Вселенная, 1973, № 1). Старт корабля был назначен на 17 марта 1972 г., но его перенесли из-за проблем в работе бортовых систем. 19 апреля “Аполлон-16” вышел на орбиту вокруг Луны высотой 108×315 км и периодом обращения 2 ч 10 мин. Вскоре после этого третья ступень РН “Сатурн-5” упала на Луну, тем самым выполнив сейсмический эксперимент. Из-за неисправности запасной системы регулирования тяги двигателя корабль с астронавтами совершил три незапланированных витка на окололунной орбите. Наконец, через шесть часов посадка была разрешена, и на 15-м витке лунный модуль стал снижаться.

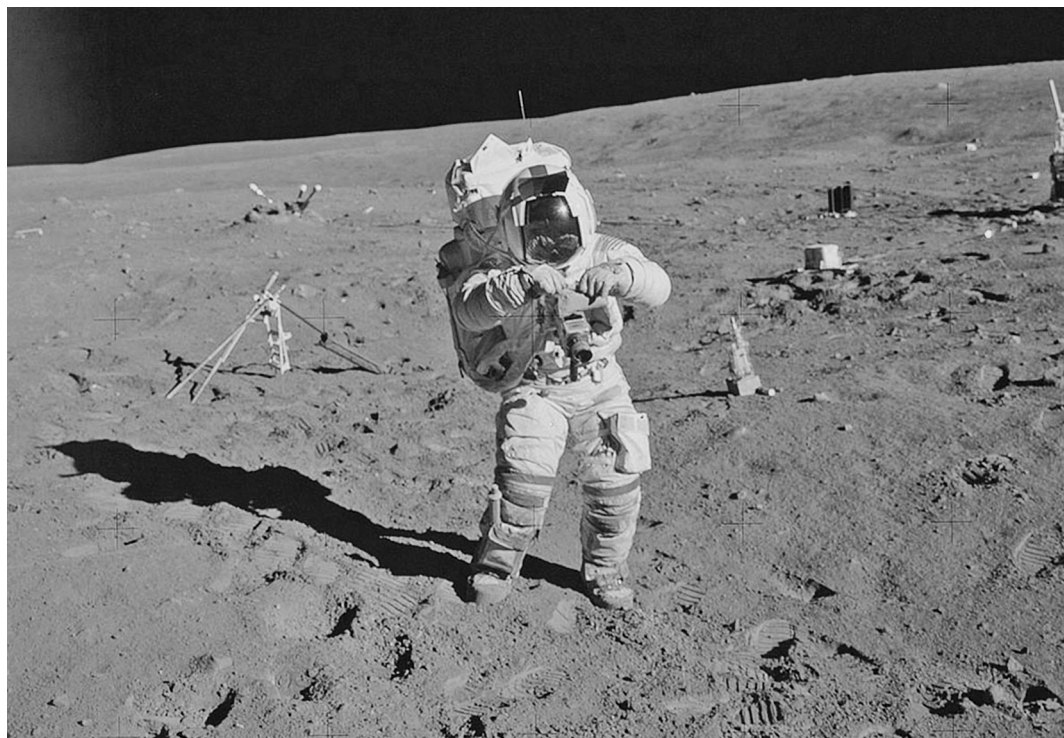
20 апреля Дж. Янг ступил на поверхность Луны, став вторым (после Джеймса Ловелла) астронавтом, дважды побывавшим на Луне (но первым, кто во время второго полета удачно на нее высадился). Лунный модуль “Орион” осуществил посадку в высокогорном районе, на плато Кэйли (Cayley Plains), примерно в 550 км к юго-востоку от центра лунного диска, севернее



Экипаж КК “Аполлон-16” – Т. Маттингли, Дж. Янг и Ч. Дьюк. Февраль 1972 г. Фото NASA.

древнего кратера Декарт (8,97° ю.ш., 15,49° в.д.). Именно здесь селенологи предполагали обнаружить следы вулканической деятельности. Этот участок лунной поверхности оказался загроможден крупными камнями, но посадка была проведена с большим искусством: точка прилунения находилась всего в 150 м севернее и в 215 м западнее расчетной. *“Луна – очень приятное место. Когда мы приземлились, мы уже отставали на 20 минут. Просто время на Луне было так дорого, что запомнил, как мы пытались его нагнать”,* – сказал тогда Янг.

На Луне Дж. Янг и Ч. Дьюк установили научные инструменты общей массой 563 кг – комплект ALSEP (прибор для изучения тепловых потоков в лунном грунте, магнитометр, пассивный сейсмометр и оборудование для проведения активного сейсмического эксперимента). Астронавты исследовали горную местность Луны, совершив три выхода из лунного модуля общей продолжительностью 20 ч 14 мин, они проехали на луноходе расстояние, рав-



Дж Янг занимается съемкой на Луне. На заднем плане – приборы комплекта ALSEP. 21 апреля 1972 г. Фото NASA.

ное 26,9 км, собрали 90,5 кг лунного грунта и камней. Несмотря на частые отказы техники, астронавты выполнили большой объем работы. На поверхности Луны они установили ультрафиолетовый телескоп системы Шмидта с трехдюймовым объективом (это была первая и до сих пор единственная астрономическая обсерватория на Луне). С помощью камеры-спектрографа получили 170 изображений Земли, туманностей, звездных скоплений и Большого Магелланового Облака. 23 апреля, после 71 ч 02 мин пребывания на лунной поверхности, взлетная ступень модуля “Орион” стартовала и, после стыковки с командным модулем, корабль остался на окололунной орбите: астронавты фотографировали лунную поверхность; сбросили небольшой искусственный спутник Луны, предназначенный для измерения ее магнитного и гравитационного полей, а также плот-

ности и энергии заряженных частиц в окололунном пространстве. На 65-м витке, после 5 сут 05 ч 49 мин нахождения на орбите вокруг Луны, корабль стартовал к Земле. Экипаж “Аполлона-16” приводнился 27 апреля 1972 г. – менее чем в 2 км от авианосца “Тикондерога” – установив новый рекорд точности посадки. Продолжительность полета составила 12 сут 07 ч 11 мин.

В 1976 г. в звании капитана 1-го ранга ВМФ США Дж. Янг ушел в отставку. Он продолжал тренироваться в Космическом центре им. Дж. Кеннеди, был включен в состав той группы астронавтов, которую готовили по программе “Спейс Шаттл” (“Space Shuttle”; Земля и Вселенная, 2012, № 2).

В 1981 году, с 12 по 14 апреля, состоялся первый испытательный полет КК “Колумбия” (“Columbia”; масса 99,5 т) по программе STS-1. Командир корабля – Дж. Янг, пилот – Роберт Крип-



Сотрудник NASA Джон Янг. 2000-е годы.
Фото NASA.

вого экипажа вошли пилот Брюстер Шоу, доктора наук – специалисты полета – Оуэн Гэрриотт, Роберт Паркер; специалист по полезной нагрузке Байрон Лихтенберг и первый астронавт ФРГ Ульф Мербольд (первый иностранный астронавт на корабле типа “Спейс Шаттл”). В грузовом отсеке корабля размещалась европейская лаборатория модульного типа “Спейслэб-1” массой 15,2 т. Она состояла из двойного герметичного отсека (для работы астронавтов) и открытой платформы с УФ-телескопом и масс-спектрометром – для изучения состава верхних слоев атмосферы; масса научной аппаратуры составляла 3982 кг для проведения 73 экспериментов. Герметичный модуль “Спейслэб-1” соединялся с кабиной корабля тоннелем длиной 5,75 м. Корабль вышел на орбиту высотой 247 × 250 км. Через 6 часов О. Гэрриотт, Б. Лихтенберг и У. Мербольд перешли в “Спейслэб-1”; в течение недели они выполнили запланированные

астрономические, геофизические, медико-биологические и технологические эксперименты, вели видеосъемку земной поверхности в области экологии. После посадки “Колумбии” на авиабазе Эдвардс (штат Калифорния) через 4 мин произошел взрыв двух емкостей силовых установок с гидразином; к счастью, он не повлиял на жизнь экипажа: астронавты вышли из корабля через час после устранения загрязнения. Продолжительность полета составила 10 сут 07 ч 47 мин.

Джон Янг не только регулярно летал в космос, но был членом пяти резервных экипажей; готовился к седьмому полету в качестве командира КК “Атлантис” в экспедиции STS-61J, запланированной на 18 августа 1986 г., в ходе которой должен был быть доставлен на орбиту Космический телескоп им. Хаббла. Однако катастрофа корабля “Челленджер” 28 января 1986 г. “перечеркнула” все планы.

В общей сложности Дж. Янг на различных летательных аппаратах налетал 15 275 ч. За свою карьеру Янг находился в космосе более 835 ч (34 сут 19 ч 42 мин). На Земле (и за ее пределами) он записал тысячи часов полезной информации – она использовалась в обучении астронавтов. В 1973 г. он отвечал за сегмент программы “Спейс Шаттл” в Космическом центре им. Л.Джонсона. Спустя год его назначили начальником бюро астронавтов NASA, в этой должности он трудился 13 лет. Работая в NASA, Дж. Янг регулярно поднимал вопросы безопасности полетов. К важности последних его подтолкнула гибель в 1967 г., во время испытаний, экипажа КК “Аполлон-1” (Земля и Вселенная, 2017, № 3, с. 58–59). После катастрофы “Челленджера” в 1986 г. он резко раскритиковал руководство космического агентства, заявив, что безопасность астронавтов поставили под угрозу ради соблюдения графика запусков и что участникам предыдущих полетов “повезло выжить”. “Когда бы и где бы я ни обнаружил возможную

проблему с безопасностью, я делал все возможное, чтобы поднять шум и привлечь к ней внимание”, – писал он в мемуарах. Впоследствии Янг был помощником директора Космического центра им. Л. Джонсона, а в 1996 г. стал его техническим директором. В июле 2002 г. Дж. Янга зачислили астронавтом-менеджером в Отдел астронавтов (они могли быть включены в экипажи КК “Спейс Шаттл”), занимавшихся административной или технической работой. В 1988 г. его имя украсило Зал славы астронавтов (U.S. Astronaut Hall of Fame) в Тайтусвилле (штат Флорида). В декабре 2004 г. астронавт вышел на пенсию. Отвечая на вопрос, какие моменты в работе были самыми запоминающимися, Янг ответил: *“Мне нравились они все”*.

Он состоял в обществах американских астронавтов (AAS) и экспериментальных пилотов-испытателей (SETP), а также был членом Американского института аэронавтики и астронавтики (AIAA).

Дж. Янг был дважды женат: 16 лет (до 1972 г.) состоял в браке с Барбарой Уайт, у них родилось двое детей – Сандра и Джон, появились трое внуков; со второй женой, Сьюзи Фельдман, астронавт прожил до своей смерти. Он увлекался виндсерфингом, велоспортом, садоводством, много читал; написал в соавторстве с Джеймсом Хансеном книгу “Вечно молодой. Жизнь и приключения в воздухе и в космосе” (опубликована в 2012 г.).

Дж. Янг получил более 80 крупных наград, в том числе 6 почетных докторских степеней. В 1965 г. он получил награды ВМС США: медаль “Крылья военноморского флота”, позднее две медали “За отличную службу” и три Креста “За выдающиеся летные заслуги”. В 1969 и 1972 гг. его наградили за полеты на КК “Аполлон-10” и “Аполлон-16” медалями NASA “За выдающиеся заслуги”; в 1981 г. за полет на КК “Колумбия” – Космической медалью почета конгресса США (высшая награда для астронавтов). Он получил премии: “За превосходное



Дж. Янг с женой и детьми. 1965 г.

инженерное достижение” (1985), Американского астронавтического общества “За космический полет” (1993), “За заслуги в космосе” (1998) и “Национальное космическое достижение” (2000). Его наградили еще двумя медалями NASA – “За выдающиеся заслуги”, а также медалями “За исключительные технические достижения” (1987), “За выдающееся лидерство” (1992), “За выдающееся достижение” (1994) и “За исключительные научные достижения” (2004).

По словам коллег, Дж. Янг был превосходным инженером и пилотом; он очень много работал, причем, делал все (в разумных пределах), о чем бы его ни попросили; единственное, в чем он не был силен – так это в ораторском искусстве. В 1980-х гг. Янг стал руководить “курсами” астронавтов NASA, ему удавалось выбирать людей, идеально подходивших для освоения космоса.

С.А. ГЕРАСЮТИН

“Вне Земли” – книга на все времена

(К 100-ЛЕТИЮ ПУБЛИКАЦИИ)

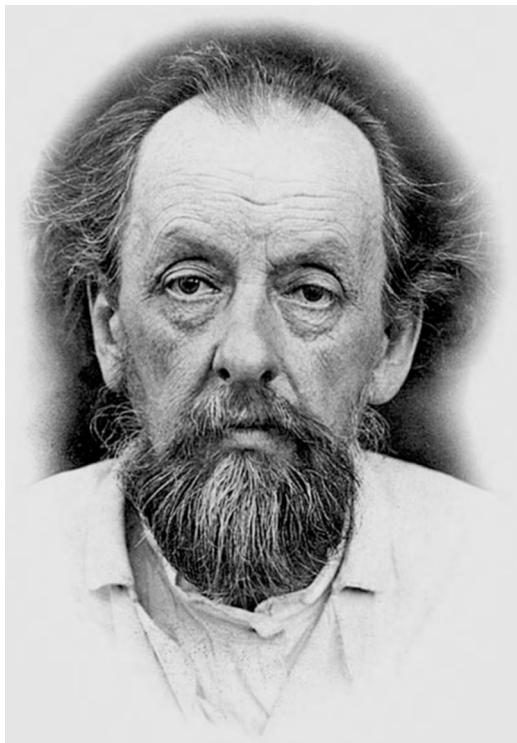
Т.Н. ЖЕЛНИНА

Комиссия РАН по разработке
научного наследия К.Э. Циолковского

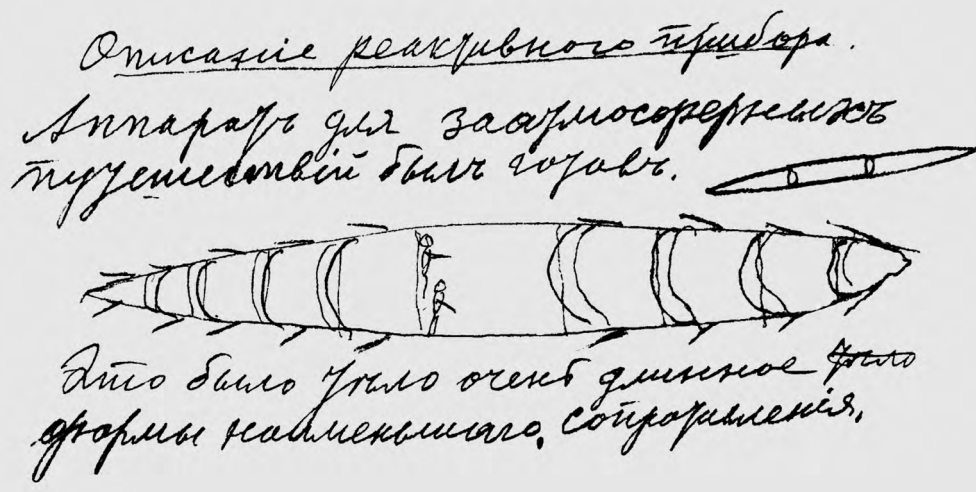
Повесть “Вне Земли” – одна из наиболее значительных работ К.Э. Циолковского. Она создавалась как научно-фантастическое произведение и таковым могла считаться до 12 апреля 1961 г., пока человек не полетел в космос. Сегодня высказанные в книге мысли и суждения выглядят как научное предвидение, а сама она представляется хроникой реального космического путешествия.

Сюжет повести предельно прост: одному ученому удалось математически доказать, что летательный аппарат ракетного типа, особым образом устроенный, в состоянии развить скорость, достаточную для того, чтобы преодолеть силу земного тяготения. Его товарищи, убедившись в правильности приведенных доказательств, решили построить такую космическую ракету. После закончившихся благополучно неоднократных ее испытаний команда из 20 человек отправилась в длительную космическую экспедицию. Сначала “заатмосферные путешественники” находились на околоземной орбите, затем они посетили Луну, побывали в поясе астероидов, после чего вернулись на родную планету. Так была открыта космическая эра – эпоха расселения людей за пределами Земли и освоения пространства и природных ресурсов космоса. Читателя начала прошлого столетия, выросшего на романах

Жюль Верна (не говоря уже о современных читателях), этот сюжет сам по себе вряд ли мог удивить. Но недаром говорят, что гений раскрывается в мелочах и в деталях. На страницах



К.Э. Циолковский. 1919 г.



“Сложная ракета”. Черновой рисунок К.Э. Циолковского – иллюстрация к повести “Вне Земли”. 1917 г.

“Вне Земли” рассыпано множество блестящих идей, тонких наблюдений и интереснейших технических предложений, благодаря которым это литературное произведение воспринимается как уникальный источник по истории космонавтики с очевидным автобиографическим подтекстом. Ведь за образом ученого в повести, предложившим математическое обоснование возможности полета в космос на ракете, Циолковский подразумевал себя. В первом варианте он дал своему герою фамилию Ломоносов, позднее заменил ее на Иванов – именно ему была отведена роль руководителя (по выражению Циолковского, “распорядителя”) экспедиции. Впервые в литературе Константин Эдуардович обратил внимание на профессиональную подготовку ее участников. В составе экипажа межпланетного корабля ученые, инженеры и техники “самых важных для полета специальностей” – причем они представители разных национальностей.

Описывая в повести “Вне Земли” космическую одиссею “ракетчиков” (похоже, Циолковский первым ввел в обиход этот термин, получивший мас-

совое распространение в 1930-е годы), ученый выдвинул ряд технических решений, которые до него не рассматривались в литературе, они позднее вошли в практику космических полетов:

- посадка на Луну в специальном космическом аппарате, отделяемом от межпланетного корабля, который оставался на окололунной орбите;

- устройство космического скафандра с учетом специфики условий деятельности в вакууме;

- регулирование температуры тела человека в космическом скафандре с помощью вентиляционного костюма;

- регулирование количества поглощаемого скафандром в открытом космосе солнечного тепла путем разворачивания (или сворачивания) белого балахона, частично закрывающего черную поверхность скафандра;

- портативный индивидуальный ракетный двигатель для передвижения в безопорном пространстве вне кабины (“взрывная машинка”, “маленькие карманные взрывчатые снаряды”, “карманный взрывчатый приборчик”);

- фиксация человека в невесомости путем закрепления ступней (или талии);

– проведение в пространстве, вне герметической кабины, металлургических работ и сварки, применяя сконцентрированные солнечные лучи.

В ряду удивительно точных предсказаний Циолковского и такие: “для проезда на Луну и обратно довольно и недели”; ракеты должны применяться для “метеорологических изысканий в высших слоях атмосферы”; неизбежна промышленная разработка астероидов как источников полезных ископаемых и строительного материала при возведении внеземных жилищ. Самое поразительное, что Циолковский рассуждал о человеческих поселениях где-то в окрестностях Юпитера так, словно речь шла о происходящем на соседней улице. Пространства, не поддающиеся воображению, нисколько его не смущали, как и время, исчисляющееся веками и тысячелетиями, поэтому фраза, ставшая лейтмотивом повести, звучит совершенно непринужденно и выражает само собой разумеющееся: *“Наши потомки найдут в небесном пространстве приют, счастье и полное нравственное удовлетворение”*.

Повесть “Вне Земли” в течение многих десятилетий вызывает интерес у читателей: причем, он только возрастает по мере того, как космонавтика заполняет все новые и новые сферы нашего бытия. Но и научный интерес к ее творческой истории не менее глубок. Плод этого интереса – в следующем исследовании.

Работа Циолковского над повестью “Вне Земли” протекала в два этапа. Начатая 28 ноября 1896 г., она, после написания 10 глав (из 58), была прервана на 20 лет и продолжена только в январе–апреле 1917 г. Это следует из сохранившейся переписки Константина Эдуардовича с редактором журнала “Природа и люди” Я.И. Перельманом. В конце декабря 1916 г. ученый сообщил ему о желании опубликовать свою старую работу “О небе: фантазия и

действительность”, написанную еще летом 1894 г. Но в какой-то момент он отказался от этого и решил предложить Якову Исидоровичу повесть “Вне Земли”. Во всяком случае, в письме от 31 января 1917 г. Перельман сообщил, что уже ждет от Циолковского продолжения “астрономического романа”. В 1983 г. автор статьи обнаружила в бумагах калужского мечтателя несколько недатированных (написанных по правилам старой орфографии) рукописных листов с заголовками к 11-й – 18-й главам повести и заметками, в которых кратко раскрывалось ее содержание: *“Описание реактивного прибора. ...Одежда и приспособления для жизни в пустоте. ...Оранжевые складные. ...Ощущения во время полета. ...Изобретатель нищий. ...Подготовка ракеты. ...Зрители смотрят на улетающую ракету. Ракета прекращает взрывание. Вылезают люди из воды. ...Постоянное устройство жизни. ...Сообщение с Землей. ...Полет с кольца к Луне. ...Поселения вокруг Луны. Спуск на Луну...”*¹. Эти записи оказались “растворенными” среди страниц автографа другой работы и отсутствуют в архивной описи. Между тем, они весьма интересны для истории текста повести, поскольку фиксируют начальную стадию работы над ее продолжением. Записи сопровождаются рисунками, которые позволяют увидеть, как Константин Эдуардович представлял себе описанные в повести космическую ракету, стартовую установку, скафандр.

23 апреля 1917 г. Я.И. Перельман получил рукопись повести полностью и собирался “скоро” начать печатать текст, но из-за его большого объема перенес публикацию на следующий год. В 1918 г. он опубликовал повесть в №№ 2–14 журнала “Природа и люди”, сократив ее (были удалены астрономические лекции и некоторые другие главы) и сделав перекомпоновку отдельных глав, внося стилистическую

¹ Архив РАН. Ф. 555. Оп. 1. Д. 264. Л. 1, 6–6 об., 4–4 об., 5–5 об.

ВНЕ ЗЕМЛИ

Фантастическая повесть К. Э. Циолковского.

От редакции. Представьте себе, что паровоз, лавовая машина еще не существуют, но изобретатель уже мечтает о ней. Главные детали обдуманы, составлены проекты. Изобретатель обращается к друзьям, к богатым и влиятельным людям, к правительству—и вездѣ получает отказы или уклончивые ответы. Ему дѣлаютъ множество возраженій. Техники указываютъ на неимѣніе подходящихъ материаловъ, мастеровъ и орудій; теоретики—на неясность, неполноту проекта; медики и гигиенисты—на «вредъ изобретения для здоровья населенія и пассажировъ»; экономисты и моралисты—на политическія затрудненія, на разореніе рабочихъ и возчиковъ. Ученые говорятъ о своей некомпетентности и отсылаютъ къ специалистамъ; иронически говорятъ о пустыхъ мечтаніяхъ, фантазіяхъ. Разочарованный изобретатель ослабѣлъ, состарился, уединился,—но мысль не остановилась, а продолжаетъ работать. Она рисуетъ передъ нимъ картины будущаго благосостоянія человѣчества отъ введенія въ жизнь дешевыхъ и сильныхъ двигателей. Изобретатель пишетъ романъ, гдѣ изображается будущее существованіе людей, усложненное и облегченное его изобретеніемъ...

Въ такомъ положеніи находится авторъ предлагаемой повѣсти, одинъ изъ крупныхъ теоретиковъ воздухоплаванія въ Россіи, изобретатель металличе-

скаго дирижабля и пионеръ идеи аппарата для путешествій на планеты.

Первыя главы этой повѣсти написаны авторомъ въ 1896 году, т. е. 22 года тому назадъ. Еще тогда мыслитель остановился на реактивномъ приборѣ, какъ на самомъ подходящемъ снарядѣ для межпланетныхъ путешествій. И только въ настоящее время написана остальная часть повѣсти. Научная теорія реактивнаго прибора появилась въ печати лишь въ 1903 г. («Научное Обозрѣніе», кн. 5). Въ 1911 г. эта работа была авторомъ пополнена и разработана («Вѣстникъ Воздухоплаванія» 1911—1912 г., №№ 18—22 и 2—9).

Теперь изобретатель вновь взялся за перо,—на этотъ разъ, чтобы облечь свою техническую мечту въ формѣ научно-фантастической повѣсти. Но фантастика въ этой повѣсти только фабула,—все же остальное основано на строгихъ научныхъ данныхъ. Физическія, химическія и биологическія явленія, упоминаемая въ повѣсти, не содержатъ ничего фантастическаго. Размѣры, скорости, температуры—всѣ числовые данныя—строга научны и основаны водчѣмъ на весьма сложныхъ вычисленіяхъ. Фантазія оставлена по возможности весьма скромное мѣсто. Тѣмъ не менѣе авторъ, изъ осторожнаго опасенія, что онъ не избѣжалъ промаховъ, проситъ читателей дѣлать ему указанія на такія »).

I. Замокъ въ Гималаяхъ. Грандіозный проектъ.

Между величайшими отрогами Гималаевъ стоитъ красивый замокъ, въ которомъ недавно поселилось шесть европейскихъ разныхъ націй. Разочарованіе въ радостяхъ жизни загнало ихъ въ это уединеніе. Единственную отрадою ихъ стала наука; самыя высшія, самыя отвлеченныя стремленія составляли ихъ жизнь и соединили ихъ въ братскую монашескую семью. Они были баснословно богаты и свободно удовлетворяли исѣмъ своимъ научнымъ прихотямъ. Дорогіе опыты и сооруженія постоянно истощали ихъ капиталы,—однако, не могли истощить. Связь съ внѣшнимъ міромъ, съ окружающими людьми ограничивалась этими сооруженіями, для которыхъ, конечно, требовались люди и люди. Но какъ только все было готово, ученые вновь погружались въ свои изысканія и въ свое уединеніе; въ замокъ, кромѣ нихъ, оставались, лишь служачіе и рабочіе, жилища которыхъ ютились кругомъ.

На самой вершинѣ дворца была удобная стеклянная зала, куда особенно охотно сходились наши ученые отшельники.

Вечеромъ, послѣ заката солнца, черезъ прозрачный куполь ея сверкали безчисленныя небесныя свѣтила. Тогда мысль невольно влеклась къ небу, и рѣчь заходила о лунѣ, о планетахъ.

Сколько разъ эти научные мечтатели создавали безумно сильное проекты путешествій по небеснымъ пространствамъ! Но ихъ же собственныя, весьма обширныя познанія безжалостно разбивали эти заманчивыя грезы.

Въ одну ясную лѣтнюю ночь трое изъ отшельниковъ были поглощены научной бесѣдой, какъ вдругъ, словно буря, ворвался ихъ русскій товарищъ и сталъ кидаться всѣмъ на шею.

— Скажи, на милость,—произнесъ, наконецъ, освоженный изъ крѣпкихъ объятій французъ Ладласъ,—что это значитъ? И почему ты пропадаешь столько времени въ своемъ кабинетѣ? Мы уже опасались, не случилось ли съ тобою несчастіе во время твоихъ опытовъ и хотѣли явиться къ тебѣ сюда.

— О, друзья, я придумалъ... Это радость, восторгъ! Сіююше лицо русскаго, съ всклокоченными волосами, изображало неестественное воодушевленіе; глаза блистали.

— Черезъ четыре дня мы на Лунѣ, черезъ нѣсколько минутъ—въ предѣлахъ атмосферы, черезъ 100 дней—въ межзвѣздномъ пространствѣ!

— Ты бредишь...—сказалъ англичанинъ Ньютонъ. — Господа, я увѣкаюсь, это правда; однако, прошу выслушать и приласать для этого остальныхъ нашихъ товарищей.

Скоро всѣ собрались и размѣстились вокругъ большого круглаго стола, съ нетерпѣніемъ дожидаясь сообщенія русскаго ученаго.

— Друзья,—началъ русскій,—то, что я придумалъ, довольно незамысловато.

— Судя по твоимъ намѣреніямъ, мы этого не полагали,—сказалъ нѣмѣцъ Галлией, которому уже успѣли кратко сообщить о происшествіи.

— Вамъ известна энергія горнія.—началъ русскій.—Напомню кое-какія числа. Тонна, т. е. 61 пудъ, нефти при сгораніи, выделяетъ такое количество энергіи, которое въ состояніи поднять всю эту массу на высоту нѣсколькихъ тысячъ верстъ отъ поверхности Земли. Полторы тонны нефти при сгораніи развѣиваютъ

¹⁾ Адресъ К. Э. Циолковскаго—Калуга, Коровинская, 3.

Первая страница публикаціи повѣсти «Вне Земли». Журнал «Природа и люди», 1918. № 2.

правку. Видимо, в неразберихе революционныхъ событій до К.Э. Циолковскаго дошли только №№ 1—11 журнала, поэтому он былъ убежденъ, что послѣдніе главы «Вне Земли» остались в 1918 г. неопубликованными (объ этомъ писалъ биографъ ученаго Б.Н. Воробьев²).

² Работы К.Э. Циолковскаго по межпланетнымъ сообщеніямъ / Циолковский К.Э. Вне Земли. Издательство Академіи наукъ СССР. М., 1958. С. 5—20.

³ Архив РАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 482. Л. 16.

Впрочем, Яковъ Исидоровичъ тоже былъ уверенъ, что публикація «Вне Земли» в журналѣ «Природа и люди» прервалась. В письмѣ Константину Эдуардовичу 16 мая 1921 г. онъ сокрушался, что «не удалось довести до конца печатаніе» повѣсти «даже в сокращеніи»³.

Впервые на то, что журнальная публикация повести “Вне Земли” в 1918 г. была завершена, обратила внимание Н.И. Мизюлина (в 1972–1990 гг. заведующая отделом научной биографии К.Э. Циолковского в Государственном музее истории космонавтики в Калуге)⁴.

В 1920 г. К.Э. Циолковский воспользовался поддержкой Калужского общества изучения природы и местного края и при содействии его председателя В.В. Ассонова издал полный текст повести отдельной брошюрой. В литературе высказывалось мнение, что для этого ученый заново написал его: “Говорить с полной уверенностью, что повесть в том объеме, в каком она была опубликована в 1920 г., существовала в 1917 г., вероятно, нельзя”⁵. В качестве обоснования приведен следующий довод: в 1917 г. Константин Эдуардович не мог физически написать такой большой текст, какой был опубликован в 1920 г., потому что, кроме научной и писательской деятельности, ему еще приходилось преподавать в калужских учебных заведениях. Однако этот довод легко опровергается фактами. К.Э. Циолковский вполне был способен написать текст объемом более 100 страниц не только за три месяца и три недели, но даже значительно скорее. Примером может служить текст сочинения “Подобие организмов и уклонение от него”, написанного им за январь – начало марта 1920 годы. Что касается его преподавательской деятельности, то именно в ней в первые месяцы 1917 г. наступил перерыв, вызванный событиями Февральской буржуазной революции. А это значит, что,



Титульная страница брошюры “Вне Земли” с дарственной надписью К.Э. Циолковского В.В. Ассонову. 1920 г.

когда в России свергали царя, Константин Эдуардович, не отвлекаясь на политические баталии, безо всяких помех писал “Вне Земли”.

Так, что текст повести имел единственный рукописный источник – белой автограф, написанный под копирку, в двух экземплярах. Эта рукопись была начата в январе 1917 г. и закончена не

⁴ Из истории написания К.Э. Циолковским научно-фантастической повести “Вне Земли” / Научное наследие и биографические материалы К.Э. Циолковского. Труды XVIII Чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского (Калуга, 13–16 сентября 1983 г.). Секция “Исследование научного творчества К.Э. Циолковского и история авиации и космонавтики”. М.: ИИЕТ АН СССР, 1986. С. 29–37.

⁵ Кутузова Л.А. Послесловие / Циолковский К.Э. Вне Земли. Калуга: Золотая аллея, 2008. С. 232.

позднее 23 апреля 1917 г.; именно она легла в основу обеих прижизненных публикаций – как журнальной в 1918 г., так и в виде брошюры в 1920 г. Есть еще один факт, который со всей очевидностью свидетельствует об этом: рукопись повести была сдана в набор в калужскую типографию не позднее 11 января 1920 г. (когда ученый в письме своему зятю В.Я. Костину сообщил об этом событии)⁶, но не ранее 2 декабря 1919 г., когда он был отпущен из тюрьмы московской Чрезвычайной комиссии на Лубянке. Можно утверждать с абсолютной уверенностью, что до ареста 17 ноября 1919 г. К.Э. Циолковский не занимался текстом повести “Вне Земли” – хроника его жизни и деятельности в 1919 г. (как и в другие годы) “расписана” буквально по дням. Следовательно, источником текста брошюры “Вне Земли” 1920 г. была рукопись 1917 г., потому что более 100 страниц за три недели (между 2 декабря 1919 г. и 11 января 1920 г.) он, действительно, не мог написать.

В период с 1911 г. по 1932 г. в калужских типографиях было издано несколько десятков брошюр К.Э. Циолковского, но ни одна из них не задерживалась в типографских стенах так долго, как “Вне Земли”. В набор рукопись была отдана в конце 1919 г. – не позднее 11 января 1920 г.⁷, но даже к июлю 1920 г. брошюра не была готова. “Страшно медлят”, – так отзывался ученый о процессе ее печатания⁸. Тираж (300 экз.) был готов только к концу августа 1920 г. Три подарочных экземпляра были отпечатаны на плотной бумаге и имели обложки из голу-

бой ткани с рисунком в виде маленьких алых солнц. Они были переданы 25 августа 1920 г. Константину Эдуардовичу⁹. Один из них остался у ученого, другой он подарил своей дочери Любви, третий – В.В. Ассонову (ныне этот экземпляр с дарственной надписью “Глубокоуважаемому Владимиру Васильевичу Ассонову на добрую память от автора. 29 авг.<уста> 1920 г. К. Циолковский” хранится в Архиве РАН¹⁰; есть сведения, что один из двух других подарочных экземпляров брошюры “Вне Земли” сохранился у кого-то из правнуков Константина Эдуардовича. В конце августа–начале сентября 1920 г. ученый получил около двух десятков экземпляров брошюры “Вне Земли”, первые из которых разослал своим корреспондентам не позднее 18 сентября 1920 г.¹¹

Позднее К.Э. Циолковский, по крайней мере, дважды возвращался к повести “Вне Земли”, внося исправления в двух экземплярах брошюры 1920 г. При жизни ученого оба они находились в его личном архиве. Но их судьба сложилась так, что брошюры в конце концов оказались разобщенными с другими материалами ученого, переданными после его смерти на хранение в Архив Гражданского Воздушного Флота, откуда в 1948 г. они поступили в Архив АН СССР. Текст одного из экземпляров брошюры “Вне Земли” с пометками Константина Эдуардовича лег в основу переиздания повести, подготовленного в 1958 г. Б.Н. Воробьевым, что было особо отмечено: “Издание второе, печатается с оригинала, исправленного автором в 1927 г.”¹². Дей-

⁶ ГМИК. Ф. 2. Оп. 1. Д. 13. Л. 1об.

⁷ Циолковский К.Э. Костину В.Я. 11.01.1920/ГМИК. Ф. 2. Оп. 1. Д. 13. Л. 1–2об.

⁸ Циолковский К.Э. Вишневу В.М. 03.07.1920/Архив РАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 4. Л. 5а об.

⁹ Циолковский К.Э. Ассонову В.В. 25.08.1920/Архив РАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 2. Л. 26–26 об.

¹⁰ Архив РАН. Ф. 555. Оп. 6а. Д. 88а.

¹¹ Циолковский К.Э. Вишневу В.М. 18.09.1920/АРАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 4. Л. 6.

¹² Циолковский К.Э. Вне Земли. М.: изд-во АН СССР, 1958. С. 4.

ствительно, в тексте этой публикации учтена поздняя авторская правка, вот только сличить ее с оригиналом невозможно, потому что его местонахождение неизвестно. Можно только предполагать, что этот экземпляр брошюры оставался у Б.Н. Воробьева, но след его потерялся уже после смерти Бориса Никитича в 1965 г. Второй авторский экземпляр, с пометками К.Э. Циолковского, тоже изъят из Архива Гражданского Воздушного Флота. Но он не исчез из поля зрения исследователей, а только сменил место хранения, поступив в фонды Государственного музея истории космонавтики им. К.Э. Циолковского (ГМИК) в составе личного архива сподвижника академика С.П. Королёва доктора технических наук М.К. Тихонравова, с его записью на первой странице обложки¹³. О том, как он оказался у Михаила Клавдиевича, можно только догадываться. Вероятнее всего, экземпляр попал к нему в 1939–1940 гг., когда он принимал участие в подготовке издания Собрания сочинений К.Э. Циолковского. Сомнительно, что Циолковский сам подарил Тихонравову этот экземпляр брошюры “Вне Земли”: характер правки на ее тексте таков, что позволяет говорить о его творческой доработке автором, а в таких случаях ученый не расставался со своими брошюрами.

Таким образом, сегодня в нашем распоряжении несколько источников полного текста повести “Вне Земли”: брошюра 1920 г., авторский экземпляр брошюры с исправлениями К.Э. Циолковского (находился в распоряжении М.К. Тихонравова) и само это издание, выпущенное в 1958 г. издательством АН СССР (авторский экземпляр брошюры с правкой ученого,

которым пользовался Б.Н. Воробьев, потерян).

Что касается рукописи повести “Вне Земли”, то ее бытование имело свою историю. Как говорилось выше, она представляла собой беловой автограф, написанный под копирку в двух экземплярах. Первый экземпляр в 1917 г. частями пересылался Я.И. Перельману для перепечатки на машинке и был возвращен обратно К.Э. Циолковскому¹⁴. В конце 1919 г. – начале 1920 г. он был сдан в калужскую типографию, в которой печаталась брошюра, откуда уже больше к ученому не вернулся. Но и дублетный экземпляр беловика к тому времени перестал существовать как источник текста повести. В 1918 г. Циолковский распорядился им как материалом для письма. Разобрав рукопись на отдельные части, он перегнул листы (формата более 31 см) пополам и превратил их в отдельные тетради. Новые записи карандашом поверх оттисков, нанесенных через копировальную бумагу, практически “скрыли” старый автограф. Но некоторые страницы оказались незаписанными, и нам впервые удалось установить их принадлежность к рукописи повести “Вне Земли”. Разрозненные фрагменты второго экземпляра автографа повести автором статьи выявлены в семи архивных делах, в заголовках которых до сих пор учитываются лишь поздние записи, сделанные поверх ранних¹⁵.

Подготовленная Б.Н. Воробьевым в 1958 г. публикация повести “Вне Земли” было первым посмертным изданием этого произведения К.Э. Циолковского. И, хотя в нем были допущены редакторские исправления авторского текста и купюры, его текст лег в

¹³ ГМИК. К-III-2364.

¹⁴ Перельман Я.И. Циолковскому К.Э. 16.03.1917/Архив РАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 482. Л. 6.

¹⁵ Архив РАН. Оп. 1. Д. 69. Л. 40–40об., 49–49об. Д. 376. Л. 1–33об. Д. 377. Л. 1–26. Д. 384. Л. 1–37об. Д. 386. Л. 1–6об. Д. 395. Л. 1–1об., 30–30об. Оп. 3. Д. 129. Л. 1–2об., 4–4об.

основу почти всех последовавших за ним изданий.¹⁶ Исключение составляет только издание “Вне Земли” (Калуга: Золотая аллея, 2008. С.27–187), текст повести напечатан в нем по экземпляру брошюры, принадлежавшему М.К.Тихонравову, но в нем воспроизведены в качестве иллюстраций поддельные рисунки К.Э. Циолковского, которые выдаются за подлинные из его “Альбома космических путешествий”, поэтому хотелось бы предупредить читателей¹⁷.

В 2012 г. автором было подготовлено еще одно издание повести “Вне Земли”¹⁸. В нем текст впервые напечатан по брошюре 1920 г.; зато в примечания отнесены все изменения, внесенные К.Э.Циолковским в авторские экземпляры брошюры, которые после смерти ученого принадлежали Б.Н. Воробьеву и М.К.Тихонравову. Такое решение представляется наиболее обоснованным текстологически. Поскольку нам неизвестно, когда и в какой последовательности ученый правил текст в этих экземплярах, мы не можем ни одному из них отдать предпочтение как основному – то есть последнему, с которым работал Константин Эдуардович.

К.Э.Циолковский откликнулся на просьбу Я.И. Перельмана написать предисловие, высказанную в письме 16 марта 1917г.: “Очень хорошо было бы, если бы Вы составили к повести небольшое предисловие (или дали мне материалы для редакционного предис-



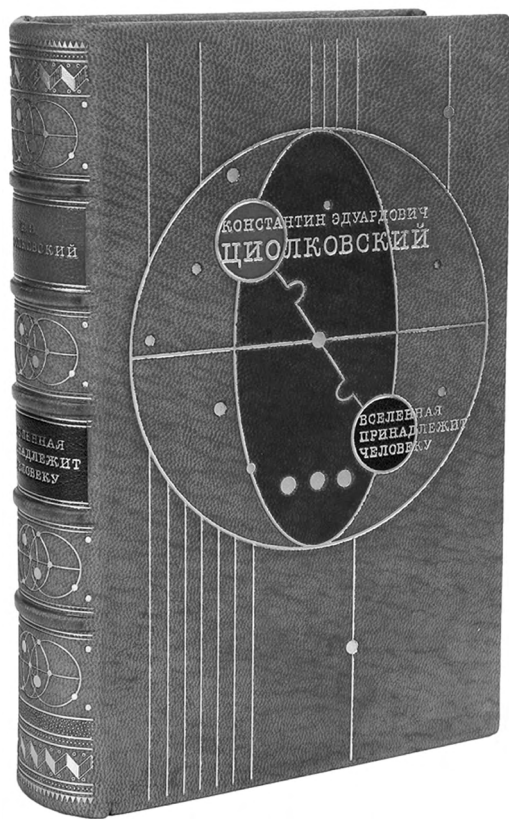
Обложка брошюры “Вне Земли”, подготовленной к изданию Б.Н. Воробьевым. 1958 г.

словия), в котором подчеркнули бы научность повести и ее особенности. Это необходимо выдвинуть и подчеркнуть в предисловии, чтобы читатель не отнесся к ней как к фантастической повести

¹⁶ Вне Земли. М.: Советская Россия, 1958./Циолковский К.Э. Путь к звездам. Сборник научно-фантастических произведений. М.: изд. Академии наук СССР, 1960. С. 117–247/ Циолковский К.Э. Грезы о Земле и небе. Научно-фантастические произведения. Тула: Приокское книжное издательство, 1986. С. 60–201/Советская фантастика 20-х – 40-х годов. М., 1987. С. 27–190/Вне Земли. Новосибирск: “Согласие”, 2007. Сборник научно-популярных и научно-фантастических работ. М.: ООО “Луч”, 2008. С. 97–238.

¹⁷ Подлинные рисунки ученого опубликованы в нем на страницах 33, 35, 37–42, 51, 53, 55, 57, 59, 63, 65, 67, 69–73, 75, 76, 78, 82, 84, 86–89, 91, 93, 104, 106, 108, 110–115, 117, 118, 119, 121, 122, 126, 127, 130, 132, 143, 145, 147–150, 152, 154, 156, 171, 173, 178, 180, 182, 184, 186, 235–251. Остальные – подделки.

¹⁸ Циолковский К.Э. Вселенная принадлежит человеку/Избранные труды по проблемам расселения человечества за пределами Земли и освоения природных ресурсов космоса. М.: Ламартис, 2012. С. 182–346.



Сборник трудов К.Э. Циолковского "Все-
ленная принадлежит человеку", подготов-
ленный к изданию Т.Н. Желниной.

обычного типа"¹⁹. Как свидетельствует найденный автором статьи черновик предисловия, Константин Эдуардович начал писать его 25 марта 1917 г.²⁰, закончил к началу апреля 1917 г., дав заголовок в беловике "Материал для предисловия (от меня или редакции)"²¹. Один экземпляр белового автографа предисловия был послан Я.И. Перельману, который опубликовал его с незначительной стилистической правкой от имени редакции. В конце 1919 г. —

начале 1920 г., готовясь опубликовать повесть в составе брошюры, Циолковский переработал предисловие, существенно дополнив его отзывами о его трудах, которые в 1912–1919 гг. помещались в российской прессе и высказывались в письмах к нему. К сожалению, при этом были допущены неточности: в частности, написание продолжения повести датировано 1916-м годом, а не 1917-м, как ранее. Вкралась то ли авторская описка, то ли опечатка в дату начала математической разработки вопроса о полете в космос на ракете, что внесло в текст путаницу: «Еще в 1896 г. <правильно>, то есть 23 года тому назад, автор после глубоких математических изысканий, продолжавшихся около года, остановился на реактивном приборе, как на наиболее доступном сейчас средстве заатмосферных или межпланетных путешествий. Хотя вопрос уже был разработан математически Циолковским еще в 1895 г. <ошибка>, но полученный труд удалось поместить ему в "Научном обозрении" лишь в 1903 г.»²².

Между тем, процитированное место предисловия имеет исключительное значение не только для творческой истории повести "Вне Земли", но и для истории космонавтики. Из него следует, что, прежде чем сесть за написание повести в ноябре 1896 г., Константин Эдуардович в течение почти года занимался математическим обоснованием ракетного полета. Первые 10 глав — наиболее ранний из сохранившихся научный текст Циолковского, который не только содержит планы освоения внеземного пространства и предложения по устройству космической ракеты, но и главное — расчеты скорости ее движения. Посмотрим на эти расчеты: "Самые неопровержимые вычисления показывают, что взрывчатые вещества, вылетая из дула доста-

¹⁹ Архив РАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 482. Л. 6–7об.

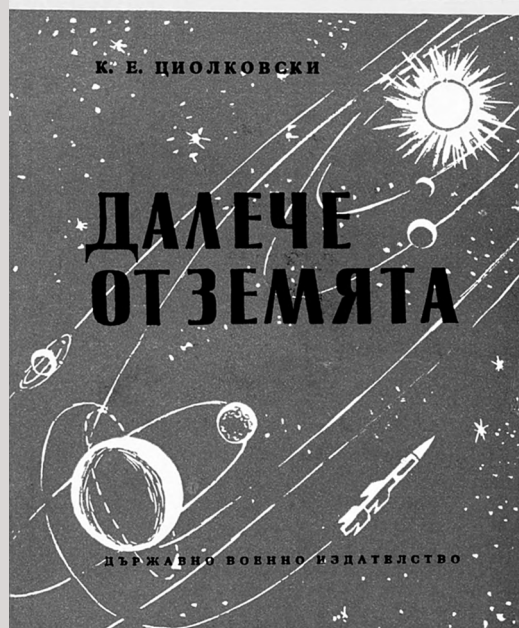
²⁰ Архив РАН. Ф. 555. Оп. 1. Д. 566. Л. 189–189об.

²¹ Архив РАН. Ф. 555. Оп. 1. Д. 38. Л. 4–7об.

²² Циолковский К.Э. Вне Земли. Калуга, 1920. С. I.

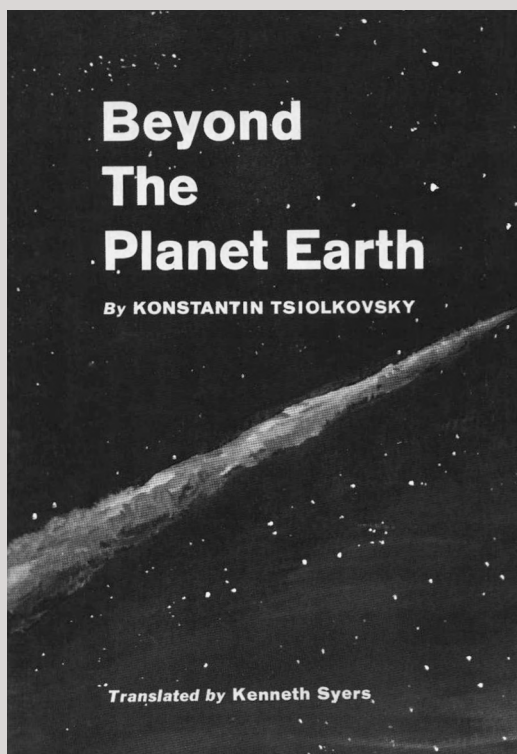


НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ
ВОЕННАЯ БИБЛИОТЕКА



Первое издание повести "Вне Земли" (София, 1959 г.), опубликованное за рубежом.

точно длинного орудия, могут приобретать скорость до 6 тысяч метров в секунду. Если положить, что масса пушки равна массе выброшенных газов, то дуло получит обратную скорость в 4000 метров <в секунду>. При массе взрывчатых веществ, в три раза большей, скорость дула будет 8000 метров <в секунду>; наконец, при массе в 7 раз большей дуло приобретает секундную скорость в 16 000 метров"²³. Очевидно, что здесь приводятся округленные количественные зависимости между скоростью истечения ($V_1 = 6000$ м/с), соотношением масс ($M_2/M_1 = 1, 3, 7$) и соответственно скоростью ракеты ($V = 4000, 8000, 16\,000$ м/с). А теперь за-

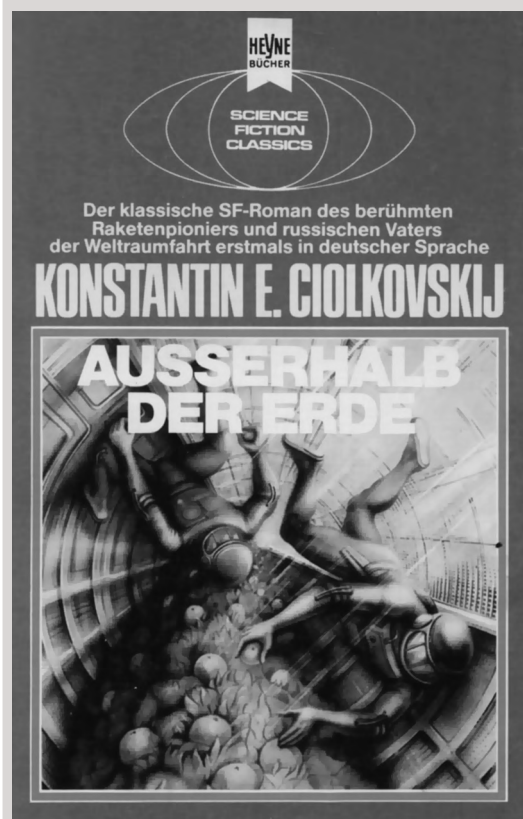


Первое издание повести "Вне Земли" на английском языке (Нью-Йорк, 1960 г.).

дадимся вопросом: могли бы появиться в тексте третьей главы повести "Вне Земли" эти цифры, если бы Циолковский уже не вычислил формулу конечной скорости движения ракеты? – Конечно, нет. Отсюда вывод: начало повести позволяет уточнить время выведения им основного уравнения ракетодинамики – не позднее 28 ноября 1896 г., а не 10 мая 1897 г., как принято считать в литературе.

Наконец, еще об одном факте из истории "Вне Земли". От Константина Эдуардовича известно, что в свое время «из Москвы просили разрешения перевести ...повесть "Вне Земли" и издать ее в Вене на немецком языке», на что он

²³ Циолковский К.Э. Вне Земли. 1920. С. 3.



Первое издание повести "Вне Земли" на немецком языке (Мюнхен, 1977 г.).



Первое издание повести "Вне Земли" на польском языке (Варшава, 1978 г.).

"с охотою согласился"²⁴. В литературе это сообщение ученого до сих пор оставалось неразъясненным. Подтверждение ему нашлось в переписке К.Э. Циолковского с А.В. Асоновым: именно он сообщил 29 января 1923 г. Константину Эдуардовичу о желании своего соседа по квартире немецкого инженера Анзельма, прочитавшего повесть, сделать ее "вольный перевод на немецкий язык" и о желании его брата – писателя Мирко Емошича – издать ее в Вене²⁵. По просьбе А.В. Асонова, Константин Эдуардович выслал ему доверенность. В середине июля 1923 г. половина

текста повести была переведена и уже находилась в Вене, где была "подвергнута издателем переработке в литературную форму"²⁶. Как развивались события дальше – не известно. Во всяком случае, не приходится сомневаться в том, что попытка издать повесть "Вне Земли" в Вене в 1923 г. не увенчалась успехом. Наиболее раннее зарубежное издание этого произведения Циолковского было осуществлено в Софии, в 1959 г. В дальнейшем оно неоднократно переводилось на иностранные языки и издавалось как отдельными книгами, так и в сборниках.

²⁴ Судьба мыслителей или двадцать лет под спудом. 18.10.1923 / Ракета в космическое пространство. Калуга, 1924. С. IV–VI. (Здесь с. V.).

²⁵ Архив РАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 64. Л. 6–6 об.

²⁶ Архив РАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 64. Л. 23–23 об. – 24.

Всероссийская астрономическая конференция “ВАК–2017”

А.Н. РОСТОПЧИНА-ШАХОВСКАЯ,
директор Крымской астрофизической обсерватории РАН
Б.М. ШУСТОВ,
член-корреспондент РАН
Институт астрономии РАН

Всероссийские астрономические конференции — крупнейшие регулярные форумы российских астрономов. Конференции проводятся раз в 3 года. Традиционно целями конференций являются обсуждение состояния и перспектив российской астрономии, предоставление возможности астрономам всей страны в личных контактах поделиться результатами своих исследований; развитие и укрепление внутрироссийского и международного научного сотрудничества.

Очередная Всероссийская астрономическая конференция “ВАК–2017” была проведена в период с 17 по 22 сентября 2017 г. в соответствии с решением Научного совета по астрономии РАН. Для проведения конфе-

ренции был выбран гостиничный комплекс “Интурист” в г. Ялта. Место было предложено главным организатором конференции — Крымской астрофизической обсер-

ваторией РАН и одобрено Научным советом по астрономии РАН. Специального стремления и заслуги оргкомитета в выборе живописной туристической Ялты для



Вид на Ялту из здания комплекса “Ялта–Интурист”, в котором проходила конференция “ВАК–2017”.

проведения конференции в замечательный период бархатного сезона не было, просто именно в этот период были наиболее доступны необходимые для организации большой конференции ресурсы.

Важную роль в обеспечении организации конференции сыграла финансовая поддержка Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), Федерального агентства научных организаций, Отделения физических наук РАН и Крымского федерального университета. Стратегическим партнером конференции выступила сеть магазинов фототехники и телескопов “Зума”.

Выбор Крыма для проведения конференции был непростым решением. Мы живем в сложное время, когда обострились политические отношения между Россией и Украиной – бывшими братскими республиками великого Советского Союза, и предложение выбрать Крым как место для проведения Всероссийской конференции вызвало неоднозначную реакцию у руководителей украинских астрономов. Но политика – материя преходящая, а наша наука – астрономия, направленная к вечному стремлению человечества познать огромный прекрасный мир – Вселенную, как мы счита-



Академик А.М. Черепашук приветствует участников “БАК-2017” от имени Научного совета по астрономии РАН.

ем, гораздо важнее для всех нас, жителей Земли. Вряд ли нужно кому-то напоминать, что звездное небо для всех нас одно, и что астрономия не только как наука, но и как важнейший и древнейший элемент общечеловеческой культуры имеет огромное объединяющее значение. Так что никаких политических подтекстов при выборе Ялты, конечно же, не было. А вот серьезные научные основания были. Крымская обсерватория, образованная 30 июня 1945 г. на основе Симеизского отделения Пулковской обсерватории, очень активно строилась в послевоенные годы и в середине 50-х годов прошлого века стала практически главной обсерваторией (в прямом смысле этого слова,

то есть местом проведения астрономических наблюдений) страны. В последние пару десятилетий в силу известных обстоятельств потенциал обсерватории был существенно ослаблен, но обсерватория все-таки сохранилась, и сейчас появились новые существенные перспективы ее развития.

Всего в работе конференции приняли участие 283 астронома, из них 2 академика РАН, 4 члена-корреспондента РАН, 58 докторов наук и 57 кандидатов наук.

Очень важно, что на конференции, наряду с маститыми учеными, активно выступали с докладами и в дискуссиях многие молодые астрономы России.

В конференции участвовали представители астрономических институтов Москвы и Московской области, Санкт-Петербурга, Карачаево-Черкесии, Екатеринбурга, Казани, Ростова-на-Дону, Нижнего Новгорода, Новосибирска, Томска, Челябинска и Ярославля. Конференция получила даже некоторый международный характер, благодаря тому, что на нее приехали ученые из Армении, Боливии, Чили, Франции, Израиля и Узбекистана. И, естественно, наиболее активными участниками в подготовке и в работе конференции были астрономы Крыма.



Молодые астрономы в перерыве между заседаниями на "БАК-2017".

Пленарные доклады, посвященные обзорам важнейших направлений отечественной астрономии: "Место и перспективы отечественной наземной и внеатмосферной астрономии в мировом научном прогрессе" (докладчики Ю.Ю. Балега и Б.М. Шустов); "Астрономия в Крыму: история и современное состояние" (А.Н. Ростопчина-Шаховская); "Атмосферы экзопланет" (Д.В. Бисикало); "Первые результаты, полученные на 2,5-м телескопе МГУ" (А.М. Черепашук); "Активные ядра галактик в поляризованном свете" (А.В. Афанасьев); "Некоторые проблемы планетной космогонии" (М.Я. Маров); "Новые вызовы в физике солнечных вспышек" (А.В. Степанов и В.В. Зайцев); «Наземно-космический интерферометр "Радиоастрон": результаты и перспективы» (Ю.Ю. Ковалев); "Новые горизонты гравитационно-волновой астрономии" (К.А. Постнов); «Рентгеновские обзоры всего

Девиз "БАК-2017" – "Астрономия: познание без границ" – нашел свое выражение в многообразной тематике пленарных докладов и секций.



Одно из пленарных заседаний "БАК-2017". Сопредседатели – академик М.Я. Маров и директор КРАО РАН А.Н. Ростопчина-Шаховская.



Молодые астрономы продолжают в вечернее время обсуждение научных проблем близ телескопа РТ-22 КрАО РАН.

Секция 5. “Звезды и межзвездная среда”;

Секция 6. “Внегалактическая астрономия, астрофизика высоких энергий и космология”;

Секция 7. “Астрономическое образование и популяризация астрономии”.

Наиболее насыщенными и продолжительными были заседания 4-й, 5-й и 6-й секций. Это, конечно, отражает структуру астрономических исследований. Интенсивно работала секция 1, а вот (к нашему удивлению и некоторому разочарованию) секция 7 оказалась самой малочисленной и непродолжительной – заседание длилось не более 2-х часов. Это немного странно, поскольку в последнее время преподаванию астрономии в стране начали уделять внимание; возможно, сработал “эффект запаздывания”. В целом же участники конференции были очень активны, причем, работа научной мысли не ограничивалась рамками повестки заседаний.

Кроме фундаментальных научных проблем на “ВАК-2017” были представлены и обсуждены результаты научных исследований более при-

неба сегодня и завтра. Обсерватория “Спектр-Рентген-Гамма” (С.Ю. Сазонов); “Легкие химические элементы в звездах: загадки и нерешенные проблемы” (Л.С. Любимков); “Органическая пыль в облаках звездообразования” (Д.З. Вибе); «Перспективы миллиметровой астрономии в России: космический проект “Миллиметрон” и крупный наземный телескоп миллиметрового диапазона в Суффe» (С.В. Пилипенко и В.Ф. Вдовин); “Нейтринное излучение от взрывов Сверхновых с коллапсом ядра. SN 1987A и поиск ней-

тринного сигнала от Сверхновых в Галактике” (В.Б. Петков); “Поляриметрия малых тел Солнечной системы (Н.Н. Киселев) вызвали очень большой интерес у участников конференции.

Основная масса докладов по результатам конкретных исследований распределилась по следующим семи секциям:

Секция 1. “Методы и инструменты”;

Секция 2. “Астрометрия и небесная механика”;

Секция 3. “Солнечная и экзопланетные системы”;

Секция 4. “Солнце и гелиосфера”;



Участники конференции “ВАК–2017”.

кладного характера: в частности, вопросы астероидной опасности, экологии околоземного космического пространства, координатно-временного обеспечения.

В короткой статье о работе конференции просто невозможно описать (даже кратко) представленные на ней интереснейшие результаты и перспективные проекты. Мы полагаем, что такому уважаемому журналу, как “Земля и Вселенная”, нужно участвовать в подобных конференциях, отбирать и “приглашать” наиболее интересные доклады для представления в популярной форме на страницах журнала.

Наверно, было бы правильно при подготовке следующих астрономических конференций уделить большее внимание тематике распространения астрономических знаний и (чего не было в Ялте) добавить новые темы: например, как сделать более эффективным участие любителей астрономии в исследовательских программах; новые формы организации астрономических исследований в стране и т.д.

По итогам работы участники конференции приняли резолюцию, в которой, в частности, говорится:

1. Обращаем внимание Правительства Россий-

ской Федерации на необходимость выделения целевого финансирования для обеспечения эксплуатации крупных наземных астрономических инфраструктур, а также на необходимость отмены возрастного ценза для уникальных научных установок, являющихся центрами коллективного пользования.

2. Конференция поддерживает рекомендации Межведомственной рабочей группы по развитию новых астрономических инфраструктурных проектов и призывает Правительство РФ приложить усилия по их реализации в рамках Стратегии науч-

но-технологического развития России.

ВАК–2017 поддерживает возвращение преподавания астрономии в школе и призывает Министерство образова-

ния и науки РФ активнее привлекать к разработке и экспертизе учебно-методических комплектов профессиональное астрономическое сообщество, а также приложить мак-

симум усилий к подготовке учителей астрономии. Эффективным способом решения этой задачи является восстановление кафедр астрономии в педагогических вузах.

Информация

Поиск экзопланет в обитаемых зонах

18 апреля 2018 г. со стартового комплекса № 40 Базы ВВС США на мысе Канаверал с помощью ракеты-носителя “Falcon-9” компании “SpaceX” запущена космическая обсерватория “TESS” (Transiting Exoplanet Survey Satellite – спутник обзора экзопланет транзитным методом). Обсерватория массой 350 кг в течение двух лет будет исследовать с высокоэллиптической орбиты высотой

108 000 × 373 000 км и периодом обращения 13,7 сут ранее открытые и обнаружение неизвестных каменных экзопланет, попадающих в обитаемую зону, удаленных от нас не более чем на 200 св. лет. Планируется, что “TESS” откроет более 20 тыс. экзопланет, из них около 500–1000 будут планетами земного типа с орбитальными периодами до 2 месяцев. Для этого будут исследованы ближайшие к Земле 500 тыс. звезд спектральных классов G, K и M ярче 12^m. В отличие от обсерватории “Кеплер” (2009–2014; Земля и Вселенная, 2011, № 6), площадь покрытия неба “TESS” увеличится более чем в 400 раз.

Обсерватория оснащена четырьмя телескопами –

широкоугольный рефлексор с полем зрения 24° × 24° с объективом апертурой 10 см – с ПЗС-камерами с общим размером фотоприемных матриц 67,2 мегапикселей, работающих в спектральном диапазоне 600–1000 нм. Телескопы созданы в Массачусетском технологическом институте (США). Данные, полученные “TESS”, будут использованы для последующих более детальных исследований спектрометром ESPRESSO на 8,2-м телескопах VLT Европейской Южной Обсерватории и с помощью 6,5-м телескопа космической обсерватории Джеймса Уэбба (JWST; запуск в 2020 г.).

*Пресс-релиз NASA,
19 апреля 2018 г.*

Конференция по астрофизике

С 18 по 21 декабря 2017 г. в Институте космических исследований РАН прошла 17-я Международная конференция **“Астрофизика высоких энергий сегодня и завтра”**. Она проводилась отделом Астрофизики высоких энергий ИКИ РАН при финансовой поддержке Института. В программный комитет вошли доктор физико-математических наук, профессор РАН А.А. Лутовинов (председатель), академик Р.А. Сюняев, члены-корреспонденты РАН М.Р. Гильфанов и Е.М. Чуразов, доктора физико-математических наук А.А. Вихлинин, С.А. Гребенев, М.Н. Павлинский и С.Ю. Сазонов. Оргкомитет возглавили М.Н. Павлинский (председатель) и И.В. Человеков (заместитель председателя). В Конференции участвовало около 200 ведущих российских ученых, работающих в России, в европейских и американских научно-исследовательских центрах. Тематика Конференции касалась почти всех разделов астрофизики

энергий, рентгеновской, гамма- и гравитационно-волновой астрономии, наблюдательной космологии.

Конференции по этой теме проводятся ежегодно, начиная с 2001 г. (Земля и Вселенная, 2007, № 3; 2008, № 4; 2009, № 3; 2014, № 4; 2016, № 3). На этих форумах обсуждаются наиболее важ-

ные достижения и результаты в исследовании рентгеновского и гамма-излучений, которые сопровождают наиболее энергоемкие явления во Вселенной: взрывы сверхновых, ультраяркие рентгеновские источники, формирование скоплений галактик, процессы аккреции вещества на черные дыры и ней-



Постер Конференции “Астрофизика высоких энергий сегодня и завтра – 2017”.



Член-корреспондент РАН М.Р. Гильфанов рассказал об излучении компактного объекта – рентгеновских двойных (нейтронной звезды или черной дыры).

тронные звезды. В научную программу включены наиболее актуальные проблемы современной астрофизики и космологии, для решения которых используются самые современные наблюдательные данные, полученные космическими и наземными обсерваториями.

На Конференции 2017 г. в ходе десяти сессий прочитаны 66 докладов, в выставочном зале можно было ознакомиться с 84 стендовыми докладами. Отдельная сессия была посвящена текущему состоянию дел с подготовкой к запуску российско-немецкой астрофизической обсерватории “Спектр-Рентген-Гамма”, намеченного на весну 2019 г. (Земля и Вселенная, 1997, № 2;

2001, № 4, с. 39). Значительная часть программы Конференции была отдана представлению новых результатов, полученных российскими учеными на международной космической обсерватории “Интеграл” (Земля и Вселенная, 1997, № 3; 2003, № 2; 2010, № 1; 2015, № 5).

С приглашенными докладами выступили известные астрофизики академики Р.А. Сюняев (Институт астрофизики Общества им. Макса Планка, Германия; ИКИ РАН) и А.М. Черепашук (ГАИШ МГУ), член-корреспонденты РАН Б.М. Шустов (ИНАСАН), Д.Г. Яковлев и А.В. Иванчик (ФТИ им. Иоффе РАН), В.В. Кочаровский (ИПФ РАН), Ю.Ю. Ковалев (ФИАН), С.В. Троицкий (ИЯИ РАН), доктора Н.А. Шакура и К.А. Постнов (ГАИШ МГУ), И.В. Москаленко (Стэнфордский университет), А.М. Белобородов (Колумбийский университет), А.М. Быков (ФТИ им. Иоффе РАН), Р.Р. Рафиков (Кембриджский университет), Ю. Поутанен и С.С. Цыганков (Университет Турку), А.А. Муштуков (Университет Турку), И.Ф. Бикмаев (Казанский федеральный университет).

Первый день Конференции был посвящен теории и наблюдательным проявлениям аккреционных процессов в астрофизике.

Одним из первых выступил член-корреспондент РАН **М.Р. Гильфанов** (ИКИ РАН) с докладом “Рентгеновская диагностика аккрецирующих черных дыр и нейтронных звезд”. Он сообщил, что излучение компактного объекта (нейтронной звезды или черной дыры) может производиться в непосредственной близости от него, в разреженной короне с температурой около 10^9 К. Согласно ОТО, черные дыры, в отличие от нейтронных звезд, не имеют поверхности, на которой аккрецирующее вещество могло бы затормозиться, излучив свою энергию (Земля и Вселенная, 2016, № 6). С целью поиска экспериментальных подтверждений этого предсказания проанализировано множество спектров рентгеновских двойных, полученных космической обсерваторией “RXTE”. Аккрецирующее вещество теряет примерно $1/2 - 2/3$ своей энергии через процесс комптонизации (комптоновское рассеяние определяет непрозрачность вещества для высокоэнергичных рентгеновских и гамма-лучей) в короне. В случае черных дыр, оставшаяся энергия перемещается падающим веществом внутрь горизонта событий (граница области пространства-времени, начиная с которой не поступает никакой ин-

формации из-за конечности скорости света), а при аккреции на нейтронную звезду – выделяется на ее поверхности, превращая ее в мощный источник мягкого рентгеновского излучения, что оказывает критическое влияние на свойства короны. Величина энерговыделения на поверхности нейтронной звезды зависит от периода ее вращения, что делает быстровращающиеся нейтронные звезды отчасти похожими на черные дыры. Обнаруженные различия между спектрами нейтронных звезд и черных дыр являются следствием отсутствия поверхности у черных дыр, в соответствии с предсказаниями ОТО.

Продолжил тему аккреции нейтронных звезд доктор физико-математических наук **В.Ф. Сулейманов** (Институт астрономии

и астрофизики Тюбингенского университета, Казанский федеральный университет). В докладе “Влияние аккреции на спектральную эволюцию излучения во время термоядерных всплесков на поверхности рентгеновских барстеров” он заявил, что тесные маломассивные двойные системы, в которых происходят вспышки на поверхности компактного объекта, представляют собой уникальные лаборатории для определения масс и радиусов нейтронных звезд. Разработанный для этой цели метод, основанный на сравнительном анализе спектральной эволюции излучения нейтронной звезды на стадии остывания сразу после вспышки (в “хвосте” вспышки), для различных теоретических моделей атмосфер нейтронных звезд, позволил получить ограничения на радиусы нейтронных звезд, что важно для определения уравнения состояния сверхплотного вещества в их ядрах. Разработчики метода также установили, что наблюдаемая спектральная эволюция вспышек при светимостях меньше половины эддингтоновской отклоняется от теоретических предсказаний, и величина отклонения тем больше, чем выше аккреционная светимость системы в спокойном состоянии. Путем прямого моделирования удалось показать, что причиной такого не-



Доктор физико-математических наук С.А. Гребенев рассказал о рентгеновских всплесках нейтронных звезд.

совпадения может быть дополнительный нагрев атмосфер нейтронных звезд быстрыми частицами аккреционного потока. Вблизи максимума вспышки такой нагрев неэффективен из-за торможения частиц давлением излучения. Примененный подход позволил описать спектральную эволюцию излучения во время вспышек в ультракомпактной маломассивной двойной системе 4U 1820-30, расположенной в шаровом скоплении NGC 6624 в созвездии Стрельца, на всех стадиях остывания и уточнить радиус нейтронной звезды в этой системе.

Об условиях возникновения взрывов на поверхности рентгеновских барстеров сообщается в докладе доктора физико-математических наук **С.А. Гребенева** (ИКИ РАН)



Об аккреции нейтронных звезд сообщил в докладе доктор физико-математических наук В.Ф. Сулейманов.

«Кратные рентгеновские всплески и модель “слоя растекания” аккрецирующего вещества по поверхности нейтронной звезды». В 2017 г. с помощью телескопа JEM-X космической обсерватории “Интеграл” были зарегистрированы серии всплесков I-го рода, состоящих из 2–3 событий, с временем рекуррентности, много меньшим характерного времени накопления на поверхности нейтронной звезды слоя вещества, необходимого для инициирования термоядерного взрыва. Такие серии всплесков находят естественное объяснение в так называемой модели “слоя растекания” аккрецирующего вещества по поверхности звезды в случае высокого темпа аккреции $10^{-9} M_{\odot}/\text{год}$, что соответствует светимости $L > 10^{37}$ эрг/с. В этой модели вещество накапливается на поверхности звезды в двух высокоширотных кольцевых зонах. После того, как в одной зоне произошел взрыв, термоядерное горение со скоростью волны дефляции (процесс дозвукового горения, при котором образуется быстро перемещающийся фронт химических превращений) распространяется по менее плотному веществу до другой зоны и инициирует там взрыв. Существование тройных всплесков подтверждает важность центральной

кольцевой зоны. В стандартной модели “слоя растекания” считается, что вещество не выпадает в этой области барстера. Модель объясняет также наблюдаемое превышение темпа генерации всплесков барстерами со светимостью $L > 10^{37}$ эрг/с над темпом, ожидаемом при полном сгорании при взрыве вещества, выпавшего на звезду между всплесками.

Доктор **С.С. Цыганков** (Университет Турку) в докладе “Рентгеновские пульсары при низких темпах аккреции” представил обзор наблюдательных проявлений взаимодействия вещества со сверхсильными магнитными полями транзитных (появляются на небе на короткое время и потом исчезают) рентгеновских пульсаров. Особое внимание было уделено рассмотрению

конечных стадий вспышек, когда из-за низкого темпа аккреции размер магнитосферы нейтронной звезды, а точнее радиус, на котором давление магнитного поля и аккрецируемого вещества сравниваются, становится достаточно большим. Одним из наиболее ярких результатов такого увеличения является “эффект пропеллера”, связанный с прекращением аккреции из-за центробежного барьера, создаваемого быстровращающейся магнитосферой нейтронной звезды. Однако при определенной комбинации основных параметров нейтронной звезды “эффект пропеллера” наблюдаться не будет. Вместо этого пульсар перейдет в состояние, когда стабильно будет “питаться” веществом из “холодного” (слабоионизованного) диска в результате аккреции.

Среди докладов, посвященных аккреционным дискам вокруг релятивистских компактных объектов, выделяется доклад профессора **Р.Р. Раффикова** (Кембриджский университет) “Спиральные ударные волны в астрофизических дисках”. Он отметил, что ударные волны являются весьма распространенным явлением, проявляющимся в виде протяженных спиральных рукавов в протопланетных дисках (наблю-



*Выступает профессор
С.С.Цыганков.*



Профессор Р.Р. Рафиков выступает с докладом о спиральных ударных волнах в астрофизических дисках.

даются в ИК-диапазоне с применением адаптивной оптики и в субмиллиметровом диапазоне с помощью комплекса радиотелескопов ALMA), в дисках катаклизмических переменных (наблюдаются с помощью доплеровской томографии) и аккреционных дисках других типов. Они подвержены внешним возмущениям гравитацией массивной планеты или компаньона, неустойчивостям в пограничном слое между аккреционным диском и поверхностью релятивистского объекта, являющимся неизбежным следствием нелинейной эволюции волн плотности. Эти спиральные ударные волны представляют собой важный фактор, определяющий эволюцию диска.

19 декабря на секции “Ультрарентгеновские источники” прозвучали пять докладов. Одним из наиболее интересных был доклад доктора **А.А. Муштукова** (Амстердамский университет, ГАО РАН), в котором рассказывалось о физических механизмах формирования излучения ультрарентгеновских пульсаров, светимость которых превышает $10^{39} - 10^{40}$ эрг/с, то есть почти на два порядка превышает эддингтоновский предел для нейтронной звезды. Долгое время ультрарентгеновские источники (ULX) рассматривались как аккрецирующие черные дыры звездных или промежуточных масс. Три года назад с помощью космической обсерватории “NuSTAR” был открыт первый пульсирующий ULX. Это означает, что центральным источником в данном случае является не черная дыра, а нейтронная звезда, и мы имеем дело с рентгеновским пульсаром, светимость которого значительно превосходит эддингтоновский предел. К настоящему моменту известно четыре таких пульсирующих объекта. Пока нет общепринятого понимания того, как именно функционируют подобные объекты. Докладчик представил известные на данный момент сведения о пульсирующих ULX и

теоретические модели, описывающие наблюдательные данные.

В двух сессиях секции “Галактики, скопления галактик” 19 и 21 декабря выступили несколько докладчиков. Кандидат физико-математических наук **Н.С. Лыскова** (ИКИ РАН) с соавторами на основе данных рентгеновских наблюдений космической обсерватории “XMM-Newton” исследовала свойства массивной группы галактик NGC 4839, которая находится на стадии взаимодействия со скоплением галактик в созвездии Волосы Вероники. Получена детальная информация о распределении плотности и температуры горячего газа в сливающихся компонентах,



Кандидат физико-математических наук Н.С. Лыскова делает доклад “Слияние группы галактик NGC 4839 со скоплением галактик в созвездии Волосы Вероники”.

оценена масса газового “хвоста” NGC 4839. На основании сравнения с результатами космологического моделирования получены ограничения на геометрию слияния, а также на скорость движения группы галактик NGC 4839 относительно основного скопления.

Изображения в оптических эмиссионных линиях — важный источник информации о физическом состоянии ионизованного газа в галактических и внегалактических туманностях. Доктор физико-математических наук **А.С. Моисеев** (САО РАН) с **соавторами** в докладе “Ионизованный газ в галактиках: наблюдения с перестраиваемым фильтром на российских телескопах” рассказал об одном из возможных решений проблемы получения изображений газа в достаточно узком (шириной 1–2 нм) диапазоне. С этой целью применяется сканирующий интерферометр Фабри–Перо в режиме перестраиваемого фильтра. На основе этой методики, применяющейся в САО РАН, изготовлен прибор — картировщик узких галактических линий. Ученый сообщил результаты первых наблюдений, полученных с его помощью на телескопах сотрудниками САО РАН и ГАИШ МГУ; рассказал о перспективах метода для изучения ионизованного газа в различных внега-

лактических объектах — галактиках с мощным звездообразованием и с активным ядром, скоплениях галактик.

19 декабря состоялось заседание секции “Космология, ранняя Вселенная”. Нейтрино — одна из загадочных частиц стандартной модели. Ее свойства столь удивительны и уникальны, что их проявления затрагивают различные аспекты физики элементарных частиц, астрофизики и космологии. Член-корреспондент РАН **А.В. Иванчик** (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН) в докладе “Нейтринная астрофизика. Космологические нейтрино” рассмотрел вопросы открытия нейтрино и развития нейтринной астрономии, уделив особое внимание космологическим нейтрино. В обзорном докладе член-корреспондента РАН **В.В. Кочаровского** (Институт прикладной физики РАН) были рассмотрены некоторые физические задачи, связанные с первичными черными дырами. В частности, по наблюдаемым астрофизическим эффектам в них можно судить, как возникает вращательное движение этих объектов в галактиках. Рассматриваются различные сценарии захвата черной дыры компактным барионным объектом или ее слияния с ним, в том числе с уче-

том возможного вращения обоих, а также современные представления о процессах, связанных со сверххрасеянием на первичных черных дырах и их испарением. Профессор **Д.В. Малышев** (Эрлаген-Нюрнбергский университет) с соавторами в докладе отметил, что реликтовые черные дыры (РЧД) с массой меньше примерно 10^9 т излучают гамма-лучи с энергиями выше десятков МэВ, они могут быть зарегистрированы с помощью телескопа LAT космической обсерватории “Ферми” (Земля и Вселенная, 2015, № 3). Предыдущие поиски РЧД в гамма-диапазоне заключались либо в поиске коротких всплесков, либо в вычислении вклада РЧД в гамма-фон. В случае индивидуальных РЧД телескоп LAT может регистрировать излучение черных дыр с температурой около 16 ГэВ, которые он может обнаружить на расстоянии до 0,03 пк. РЧД на изображениях выглядят как движущиеся точечные источники с типичным смещением на несколько градусов в течение нескольких лет. Автором был предложен новый алгоритм для обнаружения движущихся точечных гамма-источников, у которых отсутствуют звездные ассоциации и которые вошли в третий каталог “Ферми”. Используя тот факт, что кандидаты РЧД не были

обнаружены, установлен 99% предел на испарение этих объектов.

20 декабря на секции “Обзоры и многоволновые наблюдения”

обсуждались достижения, полученные в ходе обзоров неба в разных диапазонах длин волн. Профессор **И.В. Москаленко** (Стэнфордский университет, США) в докладе «Космический гамма-телескоп “Ферми”: 28 тысяч обзоров неба» рассказал, что продолжается исследование гамма-излучения Вселенной с помощью обсерватории “Ферми”. За это время обсерватория зарегистрировала более 5×10^{11} фотонов с энергией более 20 МэВ. В результате работы обсерватории число известных источников гамма-излучения увеличилось в 10 раз — почти до 2 тысяч, открыты новые типы источников. Благодаря особому режиму работы обсерватория каждые три часа обзоревает все небо. Накопленными данными будет пользоваться еще не одно поколение астрофизиков. Наблюдения астрофизических источников и космологических процессов во Вселенной с помощью обсерватории “Ферми” продолжились до 2019 г.

Кандидат физико-математических наук **Р.А. Кривонос** (ИКИ РАН) в докладе «15 лет рентгеновских обзоров обсерватории “Интеграл”»



С обзором о работе космической обсерватории “Ферми” выступает профессор И.В. Москаленко.

представил обзор важнейших результатов, полученных по данным обсерватории “Интеграл” (работает на орбите с 2002 г.) в результате обзоров неба в рентгеновском диапазоне. Используя огромный массив данных удалось построить наиболее чувствительные из существующих на данный момент карты галактической плоскости в жестких рентгеновских лучах, что позволяет обнаружить источники низкой светимости или объекты в наиболее удаленных частях нашей Галактики, недоступных для систематического поиска в предыдущих обзорах.

Профессор **И.Ф. Бикмаев** (Казанский федеральный университет) с соавторами в докладе “Исследования рентге-

новских источников по наблюдениям на РТТ-150” рассказал о результатах фотометрических и спектральных наблюдений на российско-турецком телескопе (РТТ-150) и представил оценки физических параметров рентгеновских источников излучения — как ранее классифицированных и исследуемых в течение ряда лет, так и вновь обнаруженных и отождествленных в 2017 г.

Академик **А.М. Черепашук** (ГАИШ МГУ) в докладе “Первые результаты наблюдений на 2,5-м телескопе ГАИШ МГУ” дал краткое описание новой Кавказской горной обсерватории и привел первые результаты наблюдений.

Доктор **Л.М. Оскинова** (Подсдамский университет) в докладе “Массивные черные дыры в контексте звездной эволюции” рассказала, что наблюдения в гравита-



Профессор И.Ф. Бикмаев.

ционных волнах выявили существование черных дыр с довольно высокими массами. Среди наиболее часто предлагаемых сценариев, объясняющих происхождение этих объектов, рассматривается эволюция массивных звезд с малой металличностью. Однако свойства таких звезд известны довольно плохо. В кратком обзоре она обобщила современные представления об очень массивных звездах и сообщила о наиболее эффективных методах анализа звездных ветров, подчеркнув, что современные эволюционные модели массивных двойных систем нуждаются в доработке, так как в настоящий момент они не включают реалистичные описания массивных звезд. Помимо гравитационно-волновой астрономии, изучение гамма-всплесков также помогает лучше понять свойства и эволюцию массивных звезд.

20 декабря на секции “Нейтронные звезды” поднимались проблемы изучения свойств сверхплотного вещества в ядрах нейтронных звезд и эволюции нейтронных звезд, космологически быстрых радиовсплесков с энергией $10^{38} - 10^{40}$ эрг (например, в удаленной галактике с красным смещением 0,193) – одно из самых загадочных астрофизических явлений, скорее всего это из-



Доктор физико-математических наук А.А. Лутовинов сделал сообщение о слиянии нейтронных звезд.

лучаются взрывные волны от магнетаров.

На секции “Гравитационно-волновая астрономия” выступил доктор физико-математических наук **К.А. Постнов** (ГАИШ МГУ) с докладом “Моменты импульса сливающихся двойных черных дыр”, в котором рассмотрел ограничения, полученные из анализа четырех надежно зарегистрированных детекторами LIGO/VIRGO гравитационно-волновых событий GW150914, GW151226, GW170104 и GW170814, произошедших в 2015 и 2017 гг. (см. статью К.А. Постнова в этом номере журнала).

Профессор РАН **А.А. Лутовинов** (ИКИ РАН) в докладе “Обнаружение электромагнитного сигнала от слияния нейтронных звезд” представил краткий обзор наблюдательных проявлений и физических характеристик гравитаци-

онно-волнового события GW170817, являющегося первой регистрацией слияния нейтронных звезд.

В заключительный день работы Конференции прошло заседание двух секций. **На секции “Высокоэнергичные процессы и перспективы наблюдения”** были затронуты вопросы нетепловых процессов в релятивистских течениях остатков сверхновых, перенос межзвездного газа в галактическом диске вспышками сверхновых; представлены результаты новых исследований гамма-излучения от блазаров.

Большой интерес вызвал доклад профессора **Ю.П. Пуутанена** (Университет Турку) о задачах и перспективах рентгеновской поляриметрии. Были обсуждены механизмы образования поляризованного излучения в различных космических источниках и дан обзор инструментов и методов, предназначенных для наблюдения поляризации в рентгеновском диапазоне.

На секции **“Активные ядра галактик”** выступил член-корреспондент РАН **Ю.Ю. Ковалёв** (ФИАН, МФТИ) с докладом «Новые результаты проекта “Радиоастрон”». Обсуждалось техническое состояние космической радиообсерватории “Радиоастрон” (Земля и Вселенная, 2011, № 6,



Выступает доктор физико-математических наук Ю.Н. Гнедин.

с. 17–18; 2015, № 6, с. 88; 2016, № 3, с. 49), которая 7-й год выполняет исследование релятивистских выбросов и магнитных полей в центрах активных галактик, пульсаров, мазеров и межзвездной среды с участием до 40 наземных радиотелескопов; были представлены новые результаты.

Доктор физико-математических наук **Ю.Н. Гнедин** (ГАО РАН) в докладе “Определение структуры

области широких эмиссионных линий в активных ядрах галактик” напомнил о наиболее популярном методе измерения масс сверхмассивных черных дыр в активных ядрах галактик. На телескопе БТА-6м (САО РАН) выполнены поляриметрические наблюдения, на основе которых была определена геометрическая толщина области широких эмиссионных линий водорода для активных ядер галактик из каталога Паломар–Грина. Для ряда объектов из этого каталога установлена кривизна аккреционного потока в окрестности сверхмассивной черной дыры.

Аспирант **А.В. Плавин** (Астрокосмический центр ФИАН, МФТИ) рассказал об изучении центральных областей квазаров путем сопоставления их положений, измеренных РСДБ и космической обсерваторией “Гайя” (“Gaia”; Земля и Вселенная, 2014, № 3). В 2016 г. были опу-

бликованы первые данные обсерватории “Гайя”, содержащие положения 1,14 млрд звезд и галактик с точностью до миллисекунд дуги. Авторы исследования сопоставили эти положения с результатами высокоточной системы координат на основе РСДБ наблюдений 11,4 тыс. активных ядер галактик и нашли около 7% объектов, координаты которых в радио- и оптическом диапазонах сдвинуты относительно друг друга. Возможным объяснением этого факта является наличие ярких протяженных оптических джетов длиной в парсек. Данный эффект открывает новые уникальные возможности по массовому восстановлению и изучению свойств центральных областей квазаров (аккреционного диска и джета) на расстоянии парсека.

*По материалам
Конференции,
опубликованным на сайте
ИКИ РАН*

Спонтанные массовые социальные катаклизмы и гелиогеомагнитная активность

М.В. РОДКИН,

доктор физико-математических наук

Институт теории прогноза землетрясений

и математической геофизики РАН,

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН

*И вновь и вновь взошли на солнце пятна,
И омрачились трезвые умы,
И пал престол, и были неотвратны
Голодный мор и ужасы чумы.*

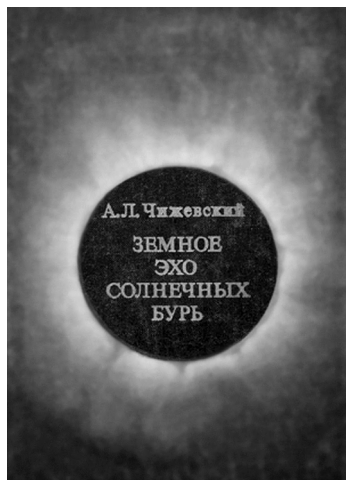
А.Л. Чижевский, 1921 г.

Наука часто развивается как бы волнами. Высказанная новая красивая идея вначале привлекает к себе широкий интерес. Но при этом вызывает и критику. Зачастую в новой идее обнаруживается ряд серьезных изъянов и нестыковок, в результате идея оказывается дискредитированной. Новый рост интереса к отвергнутой гипотезе часто связан с привлечением новых, недоступных ранее данных. Классический пример такого циклического развития дает гипотеза дрейфа континентов Альфреда Вегенера (1880–1930). Высказанная в начале прошлого века красивая гипотеза дрейфа кон-

тинентов вначале была встречена довольно доброжелательно. Но к середине века критики гипотезы взяли верх, и практически общее мнение выразил известный английский геолог Б. Уильямс, заявивший, что “теория дрейфа континентов... волшебная сказка”. “Это захватывающая воображение, очаровательная фантазия” (Хэллем, 1985). И, действительно, ряд аргументов, высказывавшихся ранее А. Вегенером и его сторонниками в поддержку дрейфа континентов, оказались ложными. Возрождение теории дрейфа континентов произошло уже во второй половине XX в. в виде

новой теории глобальной тектоники или тектоники плит. Значительный, если не решающий вклад в утверждение этой теории внесли данные по палеогеомагнетизму, показавшие существование больших горизонтальных передвижений гигантских сегментов поверхности Земли, согласующихся с представлениями А. Вегенера.

История развития представлений А.Л. Чижевского об обусловленности многих земных процессов изменениями солнечной активности демонстрирует подобную же цикличность (Земля и Вселенная, 1987, № 6; 1997, № 5). Наиболее полное русское

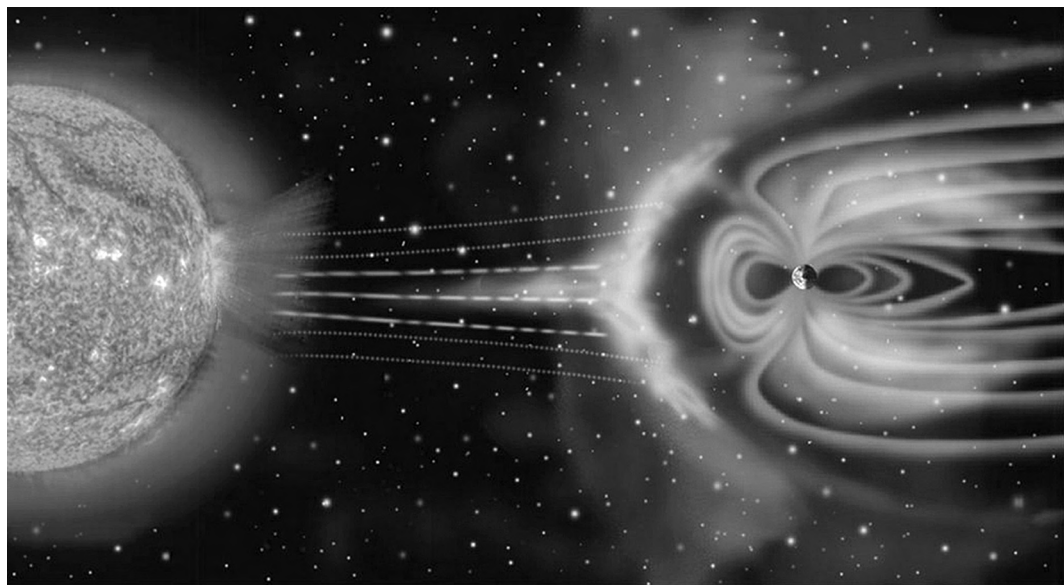


Обложка книги А. Л. Чижевского «Земное эхо солнечных бурь».

издание книги «Земное эхо солнечных бурь», на основании которого обычно и трактуют идеи А.Л. Чижевского (1897–1964), вышло в свет

в 1973 г. (2-е изд. – 1976 г.), уже после смерти автора. Надо согласиться, что почти все приводимые в этой монографии примеры воздействия Солнца на живые организмы и социальные процессы более чем спорны. Так, например, если годы наиболее успешных захватов Наполеона Бонапарта приходится на периоды повышенной солнечной активности (что объясняется воздействием Солнца на полководца), то почему оно аналогично не действовало на его противников или на дипломатов, призванных искать мирные решения конфликтов? Законную настороженность вызывает стремление автора связать с солнечной активностью множество самых различных процессов: эпидемии, засухи, войны,

перевороты. Более чем широкий спектр предполагаемых А.Л. Чижевским взаимодействий отражен в эпиграфе к данной статье. При этом чисто статистически предполагаемые взаимосвязи убедительно подкреплены не были. Неудивительно, что неприятие его идей в научном мире стало почти всеобщим. Вполне очевидно и то, что идеи А.Л. Чижевского не могли найти поддержку у адептов «единственно верной» и притом часто вульгарно понимаемой марксистской трактовки политического процесса. С идеологической точки зрения, они были, по меньшей мере, подозрительны. Ученому пришлось поплатиться за свои взгляды и не столь успешной академической карьерой, и годами лагерей. Некоторой компенса-



Потоки солнечного ветра – главный фактор влияния Солнца на Землю.

цией этого служило восторженное принятие идей А.Л. Чижевского представителями разнообразной фронды официальной науки и “единственно верному” пониманию истории и политического процесса.

Со временем, однако, идеи о влиянии солнечной активности на людей вновь стали проникать в научную среду. На статистическом уровне были выявлены достаточно надежные свидетельства связи солнечной (и порождаемой ею геомагнитной активности) с рядом физиологических процессов в живых организмах и у человека. Нашли статистическое подкрепление и связи между солнечной активностью и рядом заболеваний. Неуверенную статистическую поддержку получили и предположения А.Л. Чижевского о связи солнечной активности с режимом некоторых видов преступности. Причину роста в последние годы социальной активности на планете, (в частности, в России) искали и в рамках предположения о связи этих процессов с солнечной активностью.

Авторы статьи решили провести возможно более широкую статистическую проверку существования связи между солнечной и геомагнитной активностью и спонтанными массовыми социальными движениями. Для начала сопоставим моменты времени наиболее известных социальных движений с ходом солнечной ак-

тивности. Наш список массовых социальных и политических катаклизмов последнего времени включает следующие события: Великая Французская революция (1789 г.), революции в Европе (1848 г.), первая русская революция (1905 г.), социалистическая революция в России (1917 г.), образование КНР (1949 г.), крах колониальной системы в Африке (1959 г.), революционный май в Париже (1968 г.), “Пражская весна” (1968 г.), Исламская революция в Иране (1979 г.), “бархатные революции” в Восточной Европе (1989 г.), распад СССР и Югославии (1991), “арабская весна” (2011 г.). Отбирались наиболее важные и значимые события, вместе с тем наиболее массовые и неожиданные (в наименьшей степени являющиеся следствием экономической ситуации и политической воли и организации отдельных лиц и малых групп). Список, естественно, спорен. Конечно, революции 1905 г. и 1917 года в России и события 1949 г. в Китае – в значительной мере следствие предыдущих войн, и потому не вполне неожиданны. Естественно, что крах колониальной системы растянут во времени, и 1959 год – не более чем официально признанный маркер этого процесса. Понятно, что при ином подходе какие-то события будут исключены, а какие-то, наоборот, добавлены. Но подавляющее большинство приве-

денных событий являются выдающимися и вряд ли могут быть оспорены.

В качестве данных по солнечной активности были использованы стандартные значения чисел Вольфа (характеризуют активность Солнца, точнее – режим пятен на Солнце); они изменяются с 11-летним циклом. Тенденция совпадения времени социальных катаклизмов с максимумами солнечной активности впечатляет. Для того, чтобы такая, явственная связь, исчезла, список отобранных социальных катаклизмов должен быть неоправданно изменен.

Удивившись такой явной связи, мы решили проверить результат по большему числу социальных конфликтов, для чего использовали базу данных вооруженных конфликтов Мирового центра данных Украины, подготовленной (для совершенно иных целей) под руководством ректора Киевского политехнического института академика М.З.Згуровского. Из этой базы были отобраны события, в название которых входили слова: восстание, гражданская война, мятеж, революция. Если событие продолжалось в течение нескольких лет, то был взят год начала конфликта. Однако, даже и при такой формализации, выбор не во всех случаях оказался однозначным. Иногда характеристика того или иного вооруженного конфликта вызывала сомне-

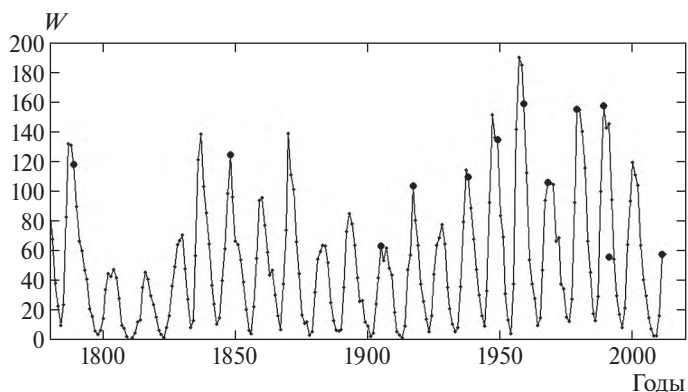


График временных изменений солнечной активности (числа Вольфа) и годы социальных катаклизмов (жирные точки).

конфликтов, начиная с 1700 г. и с 1800 г., солнечная активность и социальные катаклизмы, как правило, совпадают. Но данные не позволяют (на основании визуального анализа) с уверенностью утверждать или отрицать наличие статистической связи между годами социальных конфликтов и повышенными среднегодовыми значениями солнечной активности или Аа-индекса. Время начала конфликтов может попадать на годы как высоких, так и низких значений солнечной активности. В то же время видно, что число случаев социальных катаклизмов довольно велико, и потому проведение убедительной статистической проверки обсуждаемой гипотезы вполне возможно.

Статистическая проверка убедительно показала, что годам начала социальных катаклизмов отвечают, в среднем, повышенные значения солнечной и геомагнитной активности. В таблице приведены средние по вре-

ния. В связи с этим были сформированы два варианта подборки данных о времени начала массовых спонтанных социальных движений. Одна подборка включает события, начиная с 1700 г. (всего 163 случая массовых социальных движений), вторая — начиная с 1800 г. (145 случаев). Обе подборки далее анализировались идентичным образом.

Режим возникновения социальных катаклизмов сравнивался с ходом солнечной активности (числами Вольфа) и с изменениями среднепланетарного Аа-индекса геомагнитной активности, характеризу-

ющего средний по планете уровень возмущенности геомагнитного поля. Уровень геомагнитной активности в решающей степени зависит от солнечной активности, но характер связи достаточно сложный. В то же время, на биологические объекты воздействует именно уровень геомагнитной активности, а не число пятен на Солнце. Отсюда можно ожидать, что связь между временем социальных катаклизмов и геомагнитной активностью будет сильнее, чем между социальной и солнечной активностью.

На гистограмме изменения числа социальных

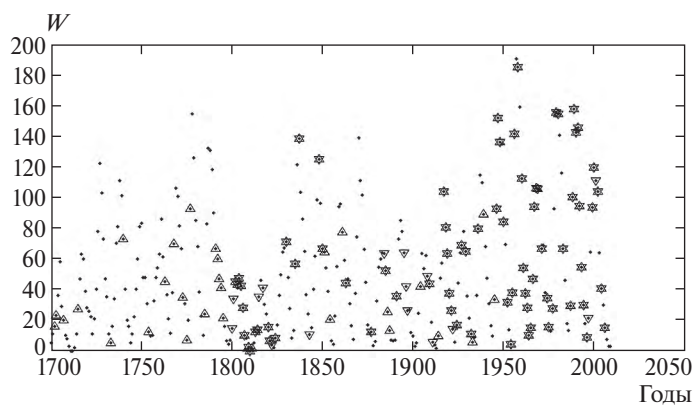
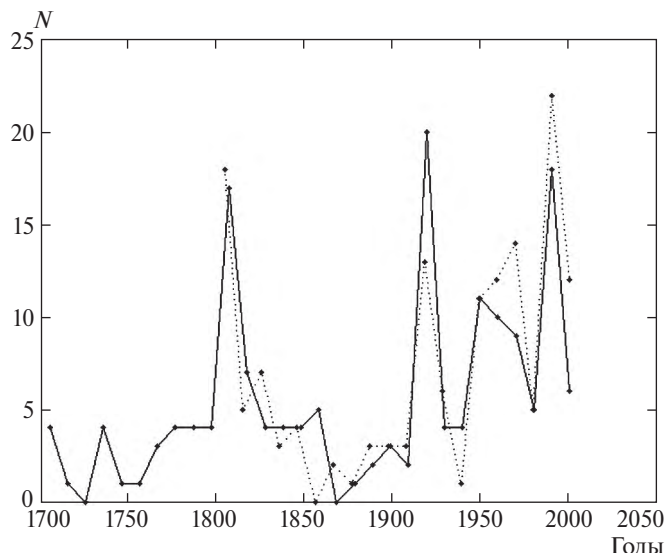


График солнечной активности (точки — значения чисел Вольфа), начиная с 1700 г. и с 1800 г. Треугольниками вверх и вниз помечены годы начала социальных конфликтов по спискам, начиная с 1700 г. и с 1800 г., соответственно.

Гистограмма изменения числа социальных конфликтов в соответствии со списками социальных катаклизмов, начиная с 1700 г. (сплошная линия) и после 1800 г. (пунктирная).

мени значения солнечной и геомагнитной активности (Т-среднее) и средние значения активности в годы начала социальных катаклизмов (N-среднее), а также вероятности (α) случайного возникновения наблюдаемого различия между значениями N-среднее и Т-среднее. Видно, что значения вероятности α весьма малы, то есть статистическая значимость различия N-среднего и Т-среднего достаточно высока и ее существование сомнений не вызывает. Видно также, что случайная реализация наблюдаемого различия между величинами N-среднее и Т-среднее имеет меньшую вероятность для величин геомагнитного Аа-индекса, чем для величин солнечной активности. Это означает, что связь времени социальных катаклизмов с повышенными значениями геомагнитной активности выше, чем с повышенными значениями солнечной активности. Таким образом, подкрепляется предположение, что логическая цепочка взаимодействий имеет вид: солнечная активность → геомагнитная активность → биологические объекты → социальные явления.

На гистограмме, показывающей изменения



числа конфликтов со временем, видна близость этих двух выборок. Но интервалы времени экстремально большого числа социальных конфликтов (десятилетия 1800-х гг., 1910-х гг., 1990-х гг.) приходятся на годы невысоких средних значений чисел Вольфа и Аа-индекса. Отсюда резонно предположить, что катаклизмы порождаются социальными причинами, а гелио-геомагнитные условия могут только отчасти способствовать (или препятствовать) развитию конфликтов.

Полученный результат "не раскрывает", однако, каким именно образом связаны (в среднем) моменты социальных катаклизмов и изменения солнечной активности и величин геомагнитного Аа-индекса. Социальные конфликты, вообще говоря, могут быть в большей степени приурочены к фазе начала роста

активности или следовать за ее максимумом. Выше, на основании данных малой статистики, можно было предположить, что социальные конфликты приурочены к годам максимумов значений солнечной активности. Использование более полных списков социальных конфликтов после 1700 г. и 1800 г. позволяет уточнить этот, предварительный результат на большем статистическом материале.

Для такой проверки мы построили график среднего "поведения" солнечной активности в окрестности ± 3 года относительно момента данного социального катаклизма. Оказалось, что в среднем положение начала социальных катаклизмов отвечает максимуму (или непосредственно после максимума) солнечной активности. Таким образом, полученные результаты согласуются с предвари-

СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ГЕЛИОГЕОМАГНИТНЫХ ФАКТОРОВ ПО ВРЕМЕНИ (Т СРЕДНЕЕ) И В ГОДЫ НАЧАЛА СОЦИАЛЬНЫХ КАТАКЛИЗМОВ (N СРЕДНЕЕ); ПОГРЕШНОСТЬ СРЕДНИХ ЗНАЧЕНИЙ И ВЕРОЯТНОСТЬ СЛУЧАЙНОГО ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТАКОГО РАЗЛИЧИЯ (А)

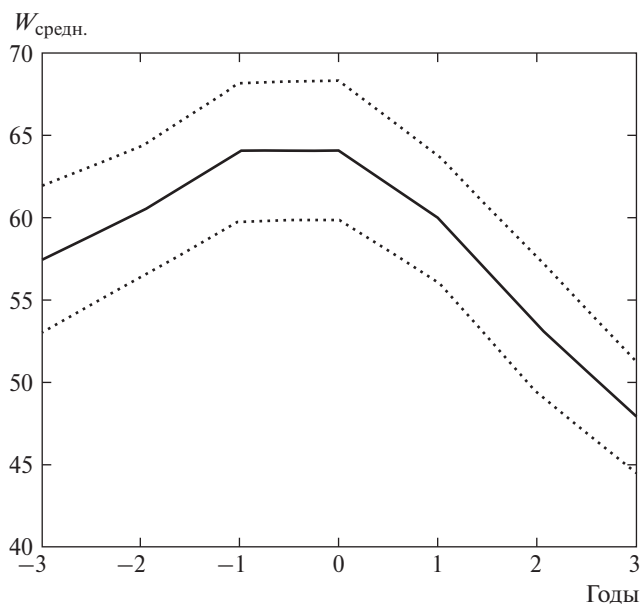
Значение	Числа Вольфа, W			Аа-индекс		
	Т среднее	N среднее	α	Т среднее	N среднее	α
Список А (начиная с 1800 г.)	$52,14 \pm 2,84$	$64,14 \pm 3,97$	0,05	$19,42 \pm 0,51$	$22,4 \pm 0,56$	0,01
Список Б (начиная с 1700 г.)	$50,32 \pm 2,31$	$59,45 \pm 3,78$	0,1	$19,42 \pm 0,51$	$22,24 \pm 0,57$	0,01

тельными результатами, полученными по малой статистике. Отсюда, в дополнение к известному лексическому различию успешных и неуспешных восстаний, по Дж. Харингтону и С.Я. Маршаку: (*“Мятеж не может кончиться удачей. В противном случае, его зовут иначе”*), можно предложить также и геофизический метод различения. Успешные мятежи – они же “славные революции” – чаще воз-

никают вблизи периодов солнечного максимума.

В заключении автор хотел бы еще раз подчеркнуть, что мы отнюдь не полагаем, что социальные катаклизмы вызываются солнечной активностью. Действительно, намного чаще наблюдается ситуация, когда рост солнечной активности не приводит в данной стране ни к каким социальным процессам (кроме, может, слабого роста числа некоторых видов преступлений). Но,

если рост солнечной активности накладывается на уже возникшую социальную напряженность, то можно предположить, что ее роль, как триггера социального возмущения, возрастает. Ситуация здесь вполне аналогична эффекту вызванных землетрясений, изредка возникающих при заполнении глубоких водохранилищ. Воздействия на геологическую среду при заполнении водохранилищ слишком слабы, чтобы вызвать землетрясение, но если среда уже была в достаточно напряженном состоянии, то дополнительная водная нагрузка может сыграть роль спускового механизма. Аналогична, по-видимому, ситуация и с гелиогеомагнитным воздействием на социальные процессы, хотя конкретный механизм этого воздействия еще менее понятен, чем в случае вызванных землетрясений.



График, полученный методом наложения эпох средних значений солнечной активности в окрестности года начала социального катаклизма (принят за ноль).

Успешные запуски компании “SpaceX”

15 декабря 2017 г. впервые в мире компания “SpaceX”, возглавляемая интернет-предпринимателем Илоном Маском, успешно запустила повторно РН “Фалькон-9” с грузовым КК “Дрэгон-10”, сделав еще один шаг на пути к цели – снижению стоимости космических полетов за счет повторного использования дорогостоящих компонентов ракет. Через 3 мин после запуска произошло отделение первой ступени, были включены двигатели, скорректировано положение ступени в пространстве с помощью решетчатых рулей, и она совершила вертикальную посадку на площадке № 1 Базы ВВС США на мысе Канаверал (штат Флорида). Вторая ступень ракеты доставила на МКС корабль “Дрэгон-10” с грузом массой 2200 кг (включая еду, топливо и научное оборудование).

После успешного первого запуска 6 февраля 2018 г. со стартовой площадки № 39А Космического центра им. Дж. Кеннеди двухступенчатой РН “Falcon Heavy” (“тяжелый сокол”; длина 70 м, диаметр 3,7 м, ширина по ускорителям 12,2 м, стартовая масса 1420 т), созданной компанией “SpaceX”, она стала

крупнейшей ракетой-носителем, вдвое превосходя американскую “Дельта-4Н” (“Delta-IV Heavy”) по полезной нагрузке. Старт сопровождался рекламным шоу – в космос был запущен красный спорткар с манекеном в скафандре за рулем и табличкой “Не паникуй” на приборной панели. Автомобиль “Tesla Roadster”, принадлежащий И. Маску, теперь обречен находиться на гелиоцентрической орбите миллиарды лет. Планируется, что “Falcon Heavy” сможет доставлять до 63,8 т на низкую опорную орбиту, а, при условии возвращения на Землю боковых ускорителей и первой ступени, – до 30 т (при спасении только боковых ускорителей – до 16 т) и до 16,8 т – на траекторию полета к Марсу. В компании “SpaceX” утверждают, что стоимость одного запуска составляет 90 млн долларов (“Дельта-4Н” – 435 млн долларов). Однако, стоимость пусков “Falcon Heavy” будет существенно зависеть от выбора их конфигурации – с возвращением боковых ускорителей и первой ступени, с возвращением только боковых ускорителей или же полностью в невозвращаемом варианте. Разработка РН “Falcon Heavy” велась с 2011 г.: изначально предполагалось ее использование для отправки людей в космос, включая экспедиции на Луну и Марс, но на ближайшие годы запланированы лишь запуски спутников на околоземные орбиты.

К настоящему времени компания “SpaceX” смог-

ла успешно вернуть после запусков 20 первых ступеней ракет на плавучие океанические платформы и на сушу. Напомним, что 22 декабря 2015 г. впервые в мире первая ступень РН “Фалькон-9” приземлилась на мысе Канаверал, 8 апреля 2016 г. состоялась первая успешная управляемая мягкая посадка ступени этой ракеты на плавающую платформу (спустя 8,5 мин после запуска). 31 марта 2017 г. выполнены первый запуск и посадка использованной ступени “Фалькон-9”. Эта миссия является тринадцатой в рамках договора “SpaceX” с NASA по поставке грузов на МКС – на общую сумму в 1,6 млрд долларов. Всего по договору компания должна выполнить 20 полетов по доставке грузов на станцию (Земля и Вселенная, 2016, № 3, с. 99). На август 2018 г. назначен первый испытательный полет без экипажа к МКС пилотируемого КК “Дрэгон-2” (“Dragon V2”): планируется стыковка со станцией, тридцатисуточный полет в составе станции и приземление с использованием парашютов. В декабре 2018 г. запланирован первый демонстрационный полет КК “Дрэгон-2” с экипажем на МКС и его возвращение на Землю через 14 сут. Компания имеет намерение в 2019 г. доставить на Луну израильский крошечный посадочный аппарат “SpacEL” – в рамках конкурса Google Lunar X PRIZE. Условия конкурса включают три основных задания: мягкую посадку на лунную поверхность, пере-

движение на расстояние не менее 500 м и передачу на Землю видеоматериалов и снимков высокого разрешения. Если полет окажется успешным, то он будет за-

фиксирован как “частная” миссия к Луне. В 2018–2019 гг. “SpaceX” предполагает организовать космический тур на околоземную

орбиту для двух человек на КК “Дрэгон-2”.

Пресс-релизы NASA
и компании “SpaceX”,
16 декабря 2017 г.,
7 февраля 2018 г.

Информация

Станция “Тяньгун-1” завершила полет

Представители NASA и Европейского космического агентства сообщили о том, что китайская орбитальная станция “Тяньгун-1” (“Небесный дворец”) вошла в плотные слои атмосферы 2 апреля 2018 г. и прекратила существование. Она совершала полет в неуправляемом режиме (так как связь со станцией прекратилась 21 марта 2016 г.) и упала в Мировой океан в районе между 43° с.ш. и 43° ю.ш. Такие выводы специалисты сделали после анализа полученных данных, ввиду низкой высоты орбиты станции – около 160 км и наклона – 42,7°. ESA использовало комбинированные технологии отслеживания процесса схода станции с орбиты.

Напомним, что пилотируемая станция “Тяньгун-1” (длина – 10,4 м, диаметр – 3,35 м, размах панелей солнечных батарей – 17 м, жилой объем – 15 м³, мас-



Китайская орбитальная станция “Тяньгун-1” на орбите. Рисунок CNSA.

са – 8506 кг) была запущена 29 сентября 2011 г. (Земля и Вселенная, 2012, № 1, с. 74). За время полета (6,5 лет) на ней успешно реализовано несколько космических программ: стыковка с беспилотным КК “Шэньчжоу-8” (31 октября – 17 ноября 2011 г.), работа на ней двух экспедиций – экипажей КК “Шэньчжоу-9” (16–29 июня 2012 г.; Земля и Вселенная, 2012, № 6, с. 108–109) и “Шэньчжоу-10” (11–26 июня 2013 г.; Земля и Вселенная, 2013, № 5, с. 107). Сейчас на орбите продолжает активный полет станция “Тяньгун-2”, запу-

щенная 15 сентября 2016 г., на ней уже работал экипаж КК “Шэньчжоу-11” (16 октября – 17 ноября 2016 г.; Земля и Вселенная, 2017, № 1, с. 78–79) и был пристыкован в период с 22 апреля по 17 сентября 2017 г. грузовой корабль “Тяньчжоу-1” массой 13 т с полезной нагрузкой 6 т, созданный на базе орбитальной лаборатории этой серии. На 2018 г. намечен полет на КК “Шэньчжоу-12” второй основной экспедиции на станцию “Тяньгун-2”.

По материалам NASA и
китайского космического
агентства “CNSA”

НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ: июль—август 2018 г.

Таблица 1

ОСНОВНЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ

Дата	Время, ч	Событие
Июль		
6	7	Луна в последней четверти
6	14	Земля в афелии
10	4	Венера проходит в $1,0^\circ$ севернее звезды Регул (α Льва)
10	9	<i>Покрытие Луной звезды Альдебаран (α Тельца)</i>
11	3	Юпитер переходит от попятного движения к прямому
12	3	Меркурий в наибольшей восточной элонгации (26°)
13	2	Новолуние
13	8	Луна в перигее
16	4	Луна проходит в 1° севернее Венеры
19	19	Луна в первой четверти
21	2	Луна проходит в 4° севернее Юпитера
25	5	Луна проходит в 2° севернее Сатурна
25	6	Меркурий переходит от прямого движения к попятному
27	5	Марс вступает в противостояние с Солнцем
27	6	Луна в апогее
27	20	Полнолуние
Август		
4	18	Луна в последней четверти
6	18	<i>Покрытие Луной звезды Альдебаран (α Тельца)</i>
7	20	Уран переходит от прямого движения к попятному
9	2	Меркурий в нижнем соединении с Солнцем
10	18	Луна в перигее
11	9	Новолуние
12–13	–	<i>Максимум метеорного потока Персеиды</i>
14	18	Луна проходит в 5° севернее Венеры
17	13	Луна проходит в 4° севернее Юпитера
17	15	Венера в наибольшей восточной элонгации (46°)
18	7	Луна в первой четверти
18	10	Меркурий переходит от попятного движения к прямому
21	9	Луна проходит в 2° севернее Сатурна
23	11	Луна в апогее
26	11	Полнолуние
26	21	Меркурий в наибольшей западной элонгации (18°)
28	10	Марс переходит от попятного движения к прямому

Примечание. Во всех таблицах и в тексте дано Всемирное время (UT), кроме особо оговоренных случаев.

ЭФЕМЕРИДА СОЛНЦА

Дата		α		δ		45°		55°		65°	
						восход	заход	восход	заход	восход	заход
		ч	м	°	'	ч:м	ч:м	ч:м	ч:м	ч:м	ч:м
Июль	01	06	39	+23	08	04:18	19:54	03:26	20:46	01:15	22:57
	11	07	20	+22	10	04:25	19:50	03:36	20:39	01:44	22:31
	21	08	00	+20	34	04:34	19:43	03:50	20:26	02:19	21:58
	31	08	40	+18	23	04:45	19:32	04:07	20:10	02:54	21:23
Август	10	09	18	+15	43	04:56	19:19	04:25	19:50	03:28	20:47
	20	09	56	+12	37	05:08	19:03	04:44	19:27	04:01	20:10
	30	10	32	+09	11	05:20	18:45	05:03	19:03	04:33	19:33

Примечание. В таблице дано среднее солнечное время.

Пример. Определить время восхода Солнца 24 июля 2018 г. в Москве (широта – $55^{\circ} 45'$, долгота – $2^{\circ} 30'$, 2-я часовая зона – московское время UT + 3^ч). Пользуясь *Таблицей II*, интерполируем по широте значение времени восхода Солнца на 24 июля, получаем $03^{\text{ч}} 51^{\text{м}}$. Вычтем из долготу места, прибавим 3^ч, получим $04^{\text{ч}} 21^{\text{м}}$.

Таблица III

ЭФЕМЕРИДЫ ПЛАНЕТ

Дата	α		δ		m	d	F	Продолжительность видимости для разных широт, ч			Период видимости	
	ч	м	°	'		"		45°	55°	65°		
Меркурий												
Июль	01	08	20,0	+20	57	−0,1	6,5	0,61	0,2	—	—	вечер
	11	09	08,8	+16	13	0,3	7,8	0,45	—	—	—	—
	21	09	34,8	+11	56	1,0	9,3	0,28	—	—	—	—
	31	09	32,6	+09	56	2,6	10,8	0,10	—	—	—	—
Август	10	09	06,2	+11	41	5,3	11,0	0,01	—	—	—	—
	20	08	52,3	+15	02	1,4	8,9	0,18	—	—	—	—
	30	09	24,3	+15	33	−0,6	6,7	0,57	1,1	1,0	—	утро
Венера												
Июль	01	09	30,0	+16	41	−4,1	15,9	0,70	2,5	2,2	—	вечер
	11	10	13,3	+12	32	−4,1	17,1	0,66	2,3	1,9	—	вечер
	21	10	54,1	+07	57	−4,2	18,6	0,62	2,1	1,6	—	вечер
	31	11	32,7	+03	06	−4,3	20,3	0,58	1,9	1,3	—	вечер
Август	10	12	09,1	−01	49	−4,4	22,5	0,53	1,8	1,1	—	вечер
	20	12	43,4	−06	37	−4,5	25,2	0,47	1,6	0,8	—	вечер
	30	13	15,2	−11	09	−4,6	28,6	0,42	1,5	0,4	—	вечер

Таблица III (окончание)

Дата		α		δ		m	d	F	Продолжительность видимости для разных широт, ч			Период видимости
		ч	м	°	'				45°	55°	65°	
Марс												
Июль	01	20	50,8	−22	52	−2,2	20,9	0,97	6,4	4,6	—	ночь
	11	20	46,9	−23	51	−2,5	22,6	0,98	7,2	5,3	—	ночь
	21	20	38,3	−24	56	−2,7	23,8	1,00	7,8	5,9	—	ночь
	31	20	27,2	−25	53	−2,8	24,3	1,00	8,0	6,0	—	ночь
Август	10	20	16,5	−26	27	−2,6	23,9	0,99	7,6	5,8	—	ночь
	20	20	09,1	−26	31	−2,4	22,8	0,97	7,2	5,5	—	ночь
	30	20	07,2	−26	08	−2,2	21,2	0,95	6,9	5,4	—	вечер
Юпитер												
Июль	01	14	44,5	−14	45	−2,2	41,4	0,99	5,5	4,1	—	вечер
	11	14	43,9	−14	45	−2,1	40,3	0,99	4,8	3,5	—	вечер
	21	14	44,4	−14	51	−2,0	39,1	0,99	4,3	3,0	—	вечер
	31	14	46,2	−15	01	−2,0	38,0	0,99	3,8	2,6	—	вечер
Август	10	14	49,0	−15	17	−1,9	36,9	0,99	3,4	2,3	—	вечер
	20	14	52,9	−15	36	−1,8	35,9	0,99	3,0	2,0	—	вечер
	30	14	57,7	−15	59	−1,8	34,9	0,99	2,6	1,7	—	вечер
Сатурн												
Июль	01	18	23,1	−22	29	0,0	18,4	1,00	7,0	4,5	—	ночь
	11	18	20,0	−22	32	0,1	18,4	1,00	6,9	4,6	—	ночь
	21	18	17,1	−22	34	0,1	18,3	1,00	6,5	4,6	—	ночь
	31	18	14,5	−22	36	0,2	18,1	1,00	6,1	4,3	—	ночь
Август	10	18	12,5	−22	38	0,2	17,9	1,00	5,6	4,0	—	вечер
	20	18	11,0	−22	40	0,3	17,7	1,00	5,2	3,7	—	вечер
	30	18	10,1	−22	42	0,4	17,4	1,00	4,8	3,5	—	вечер

Примечание. Координаты даны на момент 0^ч по Всемирному времени, F – фаза планеты.

ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ

Меркурий в начале июля можно увидеть вечером в южных широтах России. В конце августа в средних и южных широтах он появится утром примерно на 1 час. Ближайшая к Солнцу планета будет находиться в созвездии Рака в 25° к востоку от Солнца и очень быстро пропадет на закате. Видимый угловой диаметр Меркурия составит 6,5" (1 июля) и 6,7" (31 августа), его блеск будет равен –0,1^m и –0,6^m соответственно. 9 августа планета окажется в нижнем соединении

с Солнцем, 26 августа – в наибольшей западной элонгации (18°) и по склонению расположится выше Солнца. 29 августа Меркурий переходит из созвездия Рака в созвездие Льва.

Венера в июле продолжает удаляться от Солнца на небосводе, но становится ближе к Земле и видна в созвездии Льва вечером; 1 августа она переходит в созвездие Девы. 10 июля планета проходит в 1,0° севернее звезды Регул (α Льва). 17 августа Венера находится в наибольшей

восточной элонгации (46°). В северных широтах нашей планеты Венера не видна; в средних широтах продолжительность ее видимости уменьшается с 2,2 ч (1 июля) до 0,4 ч (31 августа), в южных широтах – с 2,5 до 1,5 часов. Видимый угловой диаметр Венеры увеличивается с $15,9''$ (1 июля) до $28,6''$ (31 августа), блеск возрастает с $-4,1^m$ до $-4,6^m$. Луна пройдет недалеко от нее 16 июля и 14 августа.

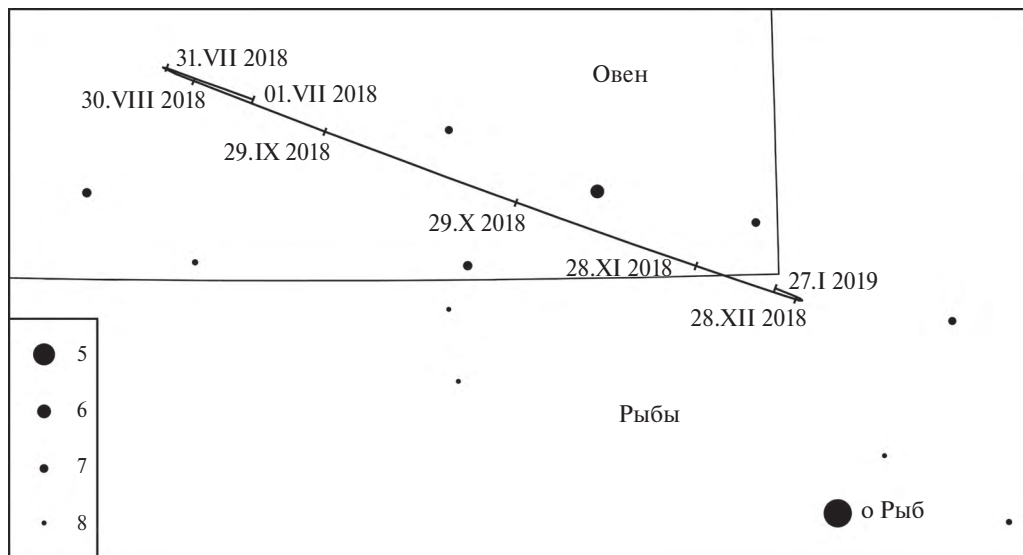
Марс в июле перемещается по созвездию Козерога, и в этом месяце создадутся наилучшие условия его видимости в ночное время. 24 августа планета переходит в созвездие Стрельца и видна вечером. 27 июля состоится **Великое противостояние Марса**, и тогда же Луна (во время полного лунного затмения) окажется примерно в 6° севернее него. 28 августа Марс переходит от попятного движения к прямому. Видимый угловой диаметр планеты увеличится с $20,9''$ (1 июля) до $24,3''$ (во время противостояния с Солнцем), затем уменьшится до $21,2''$ (30 августа). Блеск Марса так же сначала возрастет: с $-2,2^m$ (1 июля) до $-2,8^m$ (во время противостояния с Солнцем), а потом снизится: до $-2,2^m$ (30 августа). В северных широтах России он не виден. В средних широтах нашей страны продолжительность видимости Марса сначала увеличится с 4,6 ч (1 июля) до 6,0 ч (31 июля), затем уменьшится до 5,4 ч (30 августа). В южных широтах возрастет с 6,4 ч (1 июля) до 8,0 ч (31 июля) и затем снизится до 6,9 ч (30 августа).

Юпитер виден вечером в созвездии Весов, 11 июля переходит от попятного движения к прямому. 15 августа он пройдет в $0,6^\circ$ севернее звезды α Весов, блеском $2,7^m$ (имеет названия:

Зубен Эльгенуби – “южная клешня” Скорпиона; созвездие Весов считалось “клешнями” Скорпиона). В северных широтах нашей страны он не виден; в средних – продолжительность видимости Юпитера сокращается с 4,1 ч (1 июля) до 1,7 ч (30 августа); в южных – с 5,5 ч до 2,6 ч соответственно. Видимый угловой диаметр планеты-гиганта в этот период уменьшается с $41,4''$ (1 июля) до $34,9''$ (30 августа), блеск снизится с $-2,2^m$ до $-1,8^m$. Луна пройдет недалеко от Юпитера 21 июля и 17 августа.

Сатурн в июле–августе перемещается по созвездию Стрельца и виден в июле ночью, в августе – вечером в средних и южных широтах России. Продолжительность видимости планеты-гиганта уменьшается: в средних широтах – с 4,5 ч (1 июля) до 3,5 ч (30 августа), в южных – с 7,0 ч до 4,8 ч соответственно. Видимый угловой диаметр Сатурна уменьшается с $18,4''$ (1 июля) до $17,4''$ (30 августа), блеск в этот период ослабеет с $0,0^m$ до $0,4^m$. Луна пройдет недалеко от него 25 июля и 21 августа.

Уран можно наблюдать с июля. Он будет находиться в юго-западной части созвездия Овна задолго до восхода Солнца, его блеск станет немного ярче 6^m , что позволит увидеть планету зорким людям на темном небе невооруженным глазом. 7 августа Уран переходит от прямого движения к попятному, 24 октября состоится его противостояние с Солнцем. 3 декабря Уран перейдет в созвездие Рыб. 7 января 2019 г. планета-гигант переходит от попятного движения к прямому. В 2019 г. Уран окажется примерно в $1,3^\circ$ севернее звезды α Рыб ($4,3^m$).



Видимый путь Урана на небесной сфере в июле 2018 г. – январе 2019 г.

Таблица IV

ЭФЕМЕРИДА УРАНА

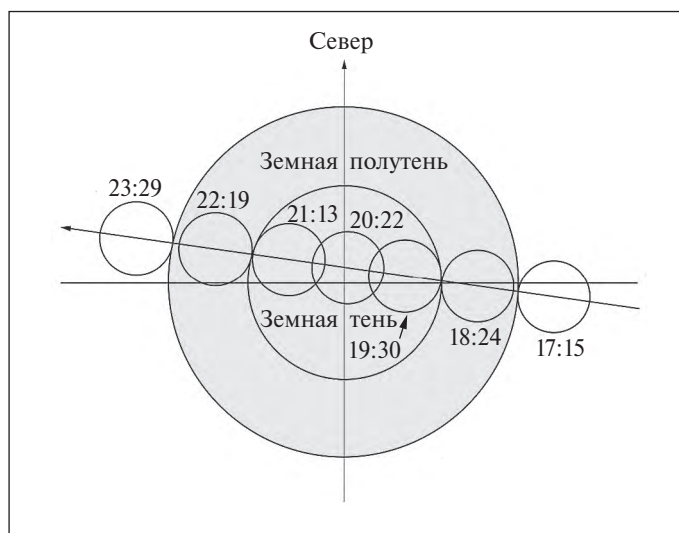
Дата	α		δ		m	d
	ч	м	°	'		"
1 июля 2018 г.	01	59,1	+11	35	5,8	3,4
31 июля 2018 г.	02	01,1	+11	45	5,8	3,5
30 августа 2018 г.	02	00,5	+11	41	5,7	3,6
29 сентября 2018 г.	01	57,3	+11	23	5,7	3,6
29 октября 2018 г.	01	52,8	+10	59	5,7	3,6
28 ноября 2018 г.	01	48,6	+10	36	5,7	3,6
28 декабря 2018 г.	01	46,2	+10	34	5,8	3,5
27 января 2019 г.	01	46,7	+10	28	5,8	3,4

НЕБЕСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ. ЗАТМЕНИЯ

13 июля произойдет **частное солнечное затмение**, которое можно будет наблюдать в южной части Индийского океана, между Австралией и Антарктидой.

В ночь на **27 июля** на значительной территории России (кроме самых северных районов и Дальнего Востока) появится возможность наблюдать **полное лунное затмение**. Его полная

фаза начнется в 19^ч 30^м и завершится в 21^ч 13^м по Всемирному времени; максимальной теневой фазы затмение достигнет в 20^ч 22^м и составит 1,611; продолжительность полного теневого затмения – 1^ч 44^м. Луна в это время будет находиться вблизи апогея орбиты в созвездии Козерога, это явление продолжится дольше обычного. Наилучшие условия для наблюдения



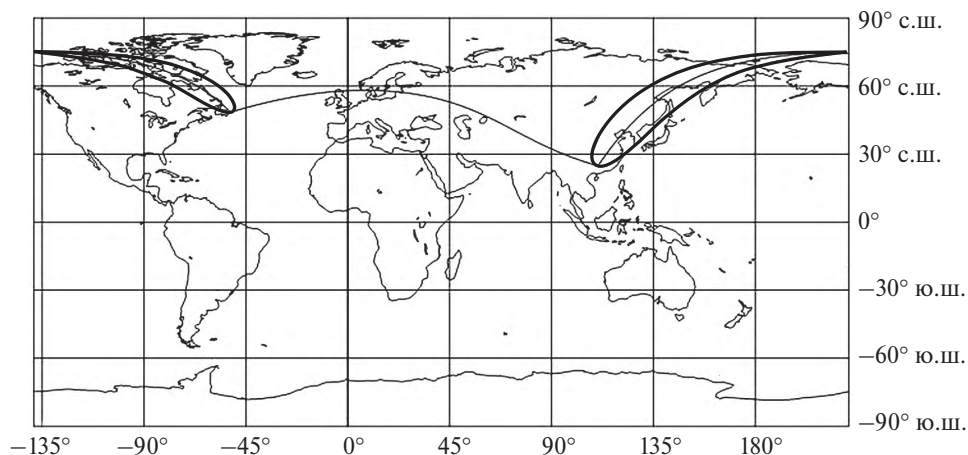
Видимый путь Луны сквозь земную тень и полутень во время полного лунного затмения 27 июля 2018 г.

затмения сложатся в южных регионах нашей страны, западнее и южнее Новосибирска (в самом городе оно видно полностью, при заходе Луны – будет полутеневым). В Москве, при восходе Луны, начнется полутеневое лунное затмение, а затем – полное.

11 августа произойдет **частное солнечное затмение**, оно будет наблюдаться в Гренландии, в северной части акватории Атлантического океана,

в акватории Северного Ледовитого океана и на значительной части территории России (кроме южных районов).

В Таблице IV приведено время начала, середины и окончания частного солнечного затмения с указанием высоты Солнца над горизонтом (для городов России). Напоминаем, что при наблюдении надо обязательно использовать специальные солнечные фильтры во избежание необратимой потери зрения.



Карта видимости частного солнечного затмения 11 августа 2018 г.

ЧАСТНОЕ СОЛНЕЧНОЕ ЗАТМЕНИЕ 11 АВГУСТА 2018 Г.

Город	Начало	h	Середина	h	Конец	h	Фаза
	ч : м		ч : м		ч : м		
Архангельск	08 51	40	09 34	41	10 17	40	0,238
Барнаул	09 41	37	10 26	30	11 10	24	0,321
Владивосток	09 59	03	—	—	—	—	—
Владимир	09 18	49	09 40	49	10 01	48	0,046
Вологда	09 04	46	09 37	46	10 09	45	0,116
Екатеринбург	09 22	46	10 03	43	10 43	39	0,200
Иваново	09 14	48	09 40	48	10 06	47	0,070
Ижевск	09 19	47	09 55	46	10 31	43	0,146
Иркутск	09 46	24	10 33	17	11 18	10	0,450
Йошкар-Ола	09 18	48	09 49	47	10 20	45	0,105
Казань	09 22	49	09 52	48	10 21	46	0,095
Кемерово	09 36	35	10 24	29	11 09	23	0,357
Киров	09 11	46	09 49	45	10 26	43	0,159
Комсомольск-на-Амуре	09 44	04	—	—	—	—	—
Кострома	09 10	47	09 39	47	10 08	47	0,089
Красноярск	09 36	31	10 25	25	11 11	18	0,422
Курган	09 29	45	10 10	41	10 50	36	0,210
Москва	09 22	49	09 36	49	09 51	49	0,021
Мурманск	08 39	35	09 25	36	10 12	36	0,305
Нижний Новгород	09 18	49	09 44	48	10 11	47	0,073
Новосибирск	09 36	37	10 23	31	11 08	25	0,339
Омск	09 33	42	10 17	37	11 00	31	0,265
Оренбург	09 42	50	10 05	48	10 27	46	0,053
Пенза	09 42	51	09 49	51	09 57	51	0,006
Пермь	09 17	46	09 57	44	10 36	40	0,191
Петрозаводск	08 53	42	09 29	43	10 05	43	0,151
Псков	09 05	46	09 22	46	09 40	47	0,030
Рязань	09 33	51	09 40	51	09 47	50	0,005
Салехард	09 02	37	09 53	34	10 42	31	0,398
Самара	09 35	51	09 56	49	10 17	48	0,044
Санкт-Петербург	08 55	44	09 24	45	09 53	45	0,091
Саранск	09 31	51	09 48	50	10 06	49	0,030
Сыктывкар	09 04	43	09 47	42	10 29	40	0,230
Тверь	09 13	48	09 33	48	09 53	48	0,039
Томск	09 33	36	10 21	30	11 07	23	0,374
Тюмень	09 24	44	10 07	40	10 49	35	0,242
Ульяновск	09 29	50	09 53	49	10 16	48	0,056
Уфа	09 28	48	10 01	46	10 34	43	0,123
Хабаровск	09 48	04	—	—	—	—	—

Таблица IV (окончание)

Город	Начало	h	Середина	h	Конец	h	Фаза
	ч : м		ч : м		ч : м		
Ханты-Мансийск	09 15	40	10 03	37	10 50	32	0,330
Чебоксары	09 20	49	09 49	48	10 18	46	0,090
Челябинск	09 28	47	10 07	43	10 44	39	0,174
Чита	09 46	19	10 33	12	11 18	05	0,499
Якутск	09 25	14	10 14	08	11 01	03	0,652
Ярославль	09 10	48	09 38	48	10 05	47	0,079

Примечание: h – высота Солнца над горизонтом.

МЕТЕОРНЫЙ ПОТОК ПЕРСЕИДЫ

Ежегодно в **августе** любители астрономии готовятся к наблюдению одного из самых известных метеорных потоков – **Персеиды**, максимум которого в 2018 г. ожидается 12–13 августа, его радиант: $\alpha = 48^\circ$, $\delta = +58^\circ$. Предполагается, что зенитное часовое число метеорного потока (ZHR) достигнет

110 метеоров (или немного меньше), в 2017 г. ZHR соответствовало 83 метеорам, скорость метеоров – 59 км/с. Луна, находясь вблизи новолуния, не будет мешать наблюдениям. Персеиды образуются в результате прохождения Земли через шлейф пылевых частиц, выпущенных кометой 109P/Свифта–Туттля.

ПОКРЫТИЯ ЯРКИХ ЗВЕЗД ЛУНОЙ

6 августа произойдет последнее покрытие Луной звезды **Альдебаран** (α Тельца; $0,9^m$), видимое на территории нашей страны. Эфемериды приведены для некоторых городов России, указано Всемирное время. Серия покрытий Луной ярких звезд вплоть до 2023 г. заканчивается!

Таблица V

ПОКРЫТИЕ ЗВЕЗДЫ АЛЬДЕБАРАН ЛУНОЙ

Город	Покрывтия звезд Луной			Появления звезд из-за Луны		
	ч	мин	с	ч	мин	с
Покрывтие и появление из-за Луны звезды Альдебаран 6 августа 2018 г.						
Иркутск	17	37	29	18	10	55
Кемерово	–	–	–	18	25	22
Красноярск	–	–	–	18	23	17
Новосибирск	–	–	–	18	26	23
Салехард	–	–	–	18	50	21
Томск	–	–	–	18	27	41
Чита	17	37	51	18	05	48
Якутск	17	52	51	18	25	52

В. И. ЩИВЬЁВ,
г. Балашиха
Московская область

Студенческий спутник “решил” научную задачу

Загадка, стоявшая перед наукой в течение 60 лет и касавшаяся источника высокоэнергетических и потенциально опасных заряженных частиц, находящихся в радиационных поясах Земли, теперь разгадана. Такой вывод сделан на основе данных, полученных с помощью малого ИСЗ.

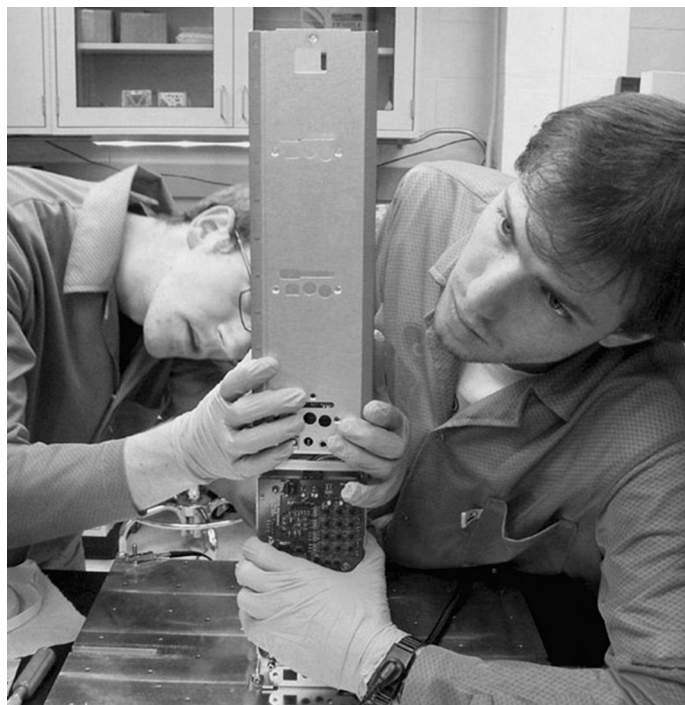
Наноспутник типа “CubeSat” размером 20×30 см и массой 3 кг создан студентами Университета Колорадо в Боулдере (США); управление его полетом осуществлялось с наземной станции, размещавшейся в кампусе университета. Спутник (в качестве попутного груза) был запущен 13 сентября 2012 г. с космодрома Ванденберг с помощью РН “Атлас-5” и вышел на орбиту высотой 480×780 км. На нем работал прибор CSSWE (Colorado Student Space Weather Experiment – инструмент изучения космической погоды студентов Колорадо), построенный студентами с участием профессора К. Ли, С. Пало и доктора Ш. Канекала из Лаборатории атмосферной и космической физики. До декабря 2014 г. прибор измерял характеристики солнечных энергетических частиц в одном из радиационных поясов Земли, известного как Пояс Ван Аллена; он расположен на высоте 700 – 12 000 км над поверхностью Земли.

Прибор CSSWE состоял из релятивистского электрон-протонного телескопа REPTile – уменьшенной версии аналогичного прибора – установленного на двух ИСЗ “Van Allen Probes” (запущены 30 августа 2012 г.). Телескоп измерял электроны с энергией от 0,58 до 3,8 МэВ и протоны – 8–40 МэВ. Ориентация телескопа в пространстве (по отношению к магнитному полю Земли) на “CubeSat” выполнялась с помощью магнитометра.

Результаты эксперимента показали, что высокоэнергетические электроны во внутреннем радиационном поясе Земли – в основном, близ его внутреннего

края – формируются под действием космических лучей, рождающихся при взрывах сверхновых. Например, во время процесса, называемого “распадом нейтронов альбеда под действием космических лучей” (cosmic ray albedo neutron decay, CRAND), космические лучи, входящие в атмосферу Земли, сталкиваются с нейтральными атомами, формируя “всплески”; в них рождаются заряженные частицы (включая электроны), которые затем захватываются и удерживаются магнитным полем Земли.

*Журнал “Nature”,
2017. Т. 552. № 7688.
С. 382–385.*



Студенты Университета Колорадо собирают наноспутник типа “CubeSat”.

Сейсмичность Земли во втором полугодии 2017 года

В Службе срочных до-
несений Федерального ис-
следовательского цент-
ра “Единая Геофизиче-
ская служба РАН” об-
работана информация о
2200-х землетрясениях,
произшедших на зем-

ном шаре в июле–дека-
бре 2017 г. 23 из них име-
ли магнитуды $M \geq 6,5$,
более 50 были разной раз-
рушительной силы. Наи-
более активным по-преж-
нему оставался Тихооке-
анский сейсмический пояс –

здесь зарегистрировано
1160 землетрясений.

В России в этот пери-
од наблюдалась сравни-
тельно невысокая сейс-
мическая активность. На
Дальнем Востоке (Кам-
чатка, Курилы, Сахалин)
обработаны данные 190
событий, в Байкальском
регионе – 13, в районе
Северной Земли – 15; в
основном, они имели маг-
нитуды 3,5–4,5.

На территории Рос-
сии сильнейшее земле-
трясение имело место
17 июля на Камчатке с
магнитудой 7,5 (18 июля
в 2 ч 34 мин московс-
кого времени) в райо-
не Командорских остро-
вов (на западном сег-
менте Алеутской дуги).
Землетрясения здесь
происходят вследствие
сдвига Тихоокеанской
плиты под Североамери-
канскую плиту (со скоро-
стью до 8 см в год).
В случае 17 июля очаг
находился в Беринговом



*Италия (Тирренское море)
после землетрясения маг-
нитудой $M=6,5$. 21 августа
2017 г.*



Последствия землетрясения в Иране 12 ноября 2017г. (магнитуда $M = 7,4$).



люди оказались завалены обломками. На стенах многих зданий (и на дорогах) образовались трещины, прекратилась подача электроэнергии, жителям пришлось покинуть свои дома.

Сильное землетрясение с магнитудой $M = 6,5$ возникло 20 июля у западного побережья Турции. Подземные толчки ощущались в Турции и Греции. Эпицентр находился на расстоянии 10 км от Бодрума и в 164 км от Измира. Поступали сообщения о том, что землетрясение ощущалось на всем турецком побережье Эгейского моря, но наиболее сильным оно было в районе Бодрума и Датчи, в провинции Мугла. В Бодруме — популярном турецком городе-курорте — на старых зданиях возникли трещины, в некоторых районах города прекратилась подача электричества, люди выбегали на улицы. На острове Кос жертвами стихии стали 2 человека, не менее 10-ти пострадали. Многие здания на побережье были разрушены, магазины и жилые дома затоплены. Зарегистрировано множество афтершоков, самый мощный из них — с магнитудой $M = 5,1$; была объявлена угроза цунами, но высота волны составила всего 25 см. Власти Греции и Турции

море, у побережья Командорских островов (на глубине в 10 км), в 200 км к юго-востоку от села Никольского (о. Беринга), в 446 км к юго-востоку от Усть-Камчатка и в 690 км к северо-востоку от Петропавловска-Камчатского. За сутки было зафиксировано более 25 афтершоков.

Остановимся на анализе сильнейших землетрясений, произошедших на земном шаре в 2017 году.

6 июля в 11 ч 03 мин московского времени на

Филиппинах зарегистрировано разрушительное землетрясение с $M = 6,6$. Очаг находился на острове Лейте, в 8 км к югу от острова Яро, в 26 км к юго-западу от г. Таклобана и в 27 км к юго-востоку от г. Кананги — на глубине около 10-ти км. По данным “Ассошиэйтед Пресс”, в результате землетрясения погибли два человека, около 100 пострадали. Больше всего понесли ущерб города Яро и Кананга. В последнем обрушилось здание —

Разрушенные здания после землетрясения (магнитуда $M=7,1$) в Мексике 19 сентября 2017 г.

подсчитали ущерб: он составил около 10–15 млн долларов для каждой страны. На восстановление курортов требуется не один месяц, подорвано доверие у туристов к этим считавшимся популярными направлениям для отдыха.

8 августа – 9 августа в 2 ч 27 мин московского времени в провинции Северный Синьцзян (Китай) на границе с Казахстаном случилось сильное землетрясение с магнитудой $M = 6$, его очаг находился на глубине 10 км, в 365 км к юго-востоку от Талдыкургана (Казахстан), в 382 км к северо-западу от Урумчи (Китай) и в 492 км к северо-востоку от Алматы (Казахстан). Подземные толчки привели к обрушению 90 строений в Синьцзян-Уйгурском автономном районе, пострадали 19 человек; их ощутили жители Алма-Атинской, Карагандинской и Восточно-Казахстанской областей. В Жаркенте и Достыке (Казахстан) сила толчков составила 4–5 баллов; в городах Алма-Ата и Талдыкурган – 4 балла; в Караганде и Усть-Каменогорске – 2 балла. Толчки в 2 балла были зарегистрированы в отдельных районах республик Ал-



тай, Тыва, Хакасия, в Алтайском и Красноярском краях, в Кемеровской и Новосибирской областях.

21 августа в 21 ч 57 мин московского времени в Тирренском море, в районе острова Искья (Италия) произошло разрушительное землетрясение (с магнитудой $M=6,4$), очаг располагался на глубине 10 км в 5 км к западу от Искьи, в 37 км к юго-западу от Неаполя и в 166 км к юго-востоку от Рима). Два человека погибли, 39 человек ранены, около 2 тысяч остались без крова. По свидетельствам очевидцев, колебания земной поверхности явно ощущались в различ-

ных населенных пунктах острова и вызвали панику среди жителей и многочисленных туристов, отдыхавших на Искье. Многие люди в страхе выскакивали на улицы.

В этот период несколько ощутимых землетрясений с близкими магнитудами были зарегистрированы в восточной части Центральной и Средней Азии: Иран–Ирак (с $M=7,4$), Индия–Китай (с $M=6,6$). 12 ноября в 21 ч 18 мин московского времени на границе Ирана и Ирака случилось разрушительное землетрясение магнитудой $M = 7,4$). В Иране погибли 530 человек, около 7,5 тысяч получили ранения; полностью разру-

шены 12 тыс. домов, еще столько же получили значительные повреждения. В Иране пострадали 7 провинций, 1650 городов и населенных пунктов. На территории Ирака погибли 11 человек, 130 получили ранения; произошел горный обвал, разрушены здания. Наибольший урон был нанесен городу Дарбандихан, в 75 км от Сулеймании. В Иракском Курдистане повреждена плотина на реке Джарбандхан. Подземные толчки ощущались не только в Иране и в Ираке, но и в Турции, Кувейте, Армении, Иордании, Ливии, в Саудов-

ской Аравии, Катаре и Бахрейне.

Серия мощнейших землетрясений была отмечена в Мексике, среди них сильнейшее – 8 сентября на побережье Чьяпас (с магнитудой $M = 8,3$) и 19 сентября в Центральной Мексике (с магнитудой $M = 7,1$). По данным ТАСС, погибли 360 человек. Наиболее сильно в результате землетрясения пострадал мексиканский штат Морелос: в столице разрушено 40 зданий, 321 получили серьезные повреждения (в том числе церковь XVI в., муниципалитет Сан-Педро-Чолула, штат Пуэбла). Серьезно повреждена

часть трассы Мехико–Акапулько. Министерство внутренних дел Мексики объявило чрезвычайное положение в Мехико.

Параметры землетрясений представлены на информационном сервере Геофизической службы РАН: <http://www.ceme.gsras.ru>.

*О.Е. СТАРОВОЙТ,
кандидат физико-математических наук*

*Л.С. ЧЕПКУНАС,
кандидат физико-математических наук*

*М.В. КОЛОМИЕЦ
ФИЦ “Единая Геофизическая служба РАН”*

Информация

“ЭкзоМарс” приступила к работе

В январе 2018 г. АМС “ЭкзоМарс” (Россия, ESA) начала исследование планеты с орбиты вокруг Марса, на которую она вышла 19 октября 2016 г. После трех маневров – 19, 23 и 27 января 2017 г. – станция перешла на орбиту высотой 210×33475 км, наклонением 74° и периодом обращения 24 ч 39 мин (марсианские сутки). На борту станции находятся российские приборы – спектрометрический комплекс ACS (Atmospheric Chemistry Suite – комплекс для изучения химии атмосферы) массой 33,5 кг и FRIEND (Fine-Resolution Epithermal Neutron Detector – детектор эпитепловых нейтронов высокого разрешения) массой 36 кг; созданы в ИКИ РАН.

Эксперимент ACS разработан для решения главной научной задачи миссии – исследование состава атмосферы с орбиты и климата Марса. Главная задача комплекса ACS – регистрация в атмосфере планеты метана и других малых газовых составляющих, что позволит решить проблему поиска следов жизни, а также других глобальных проблем Марса: существует ли сейчас активный вулканизм, каково современное состояние климата и как он эволюционировал?

Планируются два режима работы аппаратуры: измерение редких газов (несколько единиц на миллиард, или триллион молекул) при наблюдении солнечных затмений и мониторинг состояния атмосферы при наблюдениях в надири, то есть непосредственно под космическим аппаратом. В комплекс входят три канала: АЦС-ТИРВИМ, АЦС-НИР, АЦС-МИР и АЦС-БЭ (блок электроники). Спектрометры комплекса ACS “перекрывают” спек-

тральный диапазон – от ближней инфракрасной области (0,7 мкм) до теплового инфракрасного диапазона (17 мкм). Для того, чтобы достичь высокого разрешения, используется уникальный оптический элемент – эшелле-решетка больших размеров (107×240 мм); разделение спектров при дифракции производится по принципу скрещенной дисперсии с помощью дополнительной подвижной дифракционной решетки. Научные руководители эксперимента – доктор физико-математических наук О. И. Кораблёв (ИКИ РАН) и профессор Ф. Монмессан (Лаборатория атмосфер и наблюдений из космоса Национального центра научных исследований Франции). Научная группа эксперимента включает ученых из России, Бельгии, Великобритании, Германии, Италии, Испании, США, Франции, Швейцарии и Японии.

Прибор FRIEND предназначен для регистрации потоков нейтронов, исходящих с поверхности Марса. На основа-

нии этих данных можно судить о содержании водорода в грунте на глубине до метра, что позволит определить наличие воды и водяного льда на поверхности (или в приповерхностном слое), проследить, какие изменения происходят от сезона к сезону.

Другой задачей эксперимента FREND является анализ радиационной обстановки в окрестностях Марса, потоков заряженных частиц и нейтронов, связанных с солнечной активностью.

Третья цель – изучение геиосферы на траектории полета к Марсу и вклада различных типов частиц в радиационную обстановку – это крайне важно для будущих пилотируемых экспедиций. В приборе используются 4 детектора на основе пропорциональных счетчиков, наполненных гелием-3 (^3He) при давлении 6 атмосфер. Прибор детектирует нейтроны с энергией от 0,4 до 500 кэВ. Каждый канал работает и накапливает результаты (независимо от остальных) для повышения надежности инструмента и улучшения статистики измерений. Пятый, скинтилляционный, счетчик сделан на основе кристалла стильбена; он детектирует нейтроны и другие высокоэнергетические частицы в пределах 0,5–10 МэВ. Для разделения сигналов высокоэнергетичных заряженных частиц и нейтронов счетчик обеспечен антисовпадетельной защитой. Модуль-коллиматор, прикрывающий все детекторы, “сужает” поле зрения инструмента до пятна диаметром 40 км при работе на круговой орбите Марса на высоте 400 км. Шестым прибором инструмента FREND является дозиметрический модуль “Люлин-МО”; он состоит из двух телескопов и предназначен для отслеживания радиационной обстановки на марсианской орбите. Каждый телескоп содержит два полупроводниковых детектора с рабочей площадью 2 см², изготовленных

из кремния. Энергетическое разрешение инструмента – не ниже 100 эВ (в диапазоне от 100 кэВ до 8 МэВ) и не ниже 350 кэВ (8–70 МэВ). Прибор FREND разработан в Отделе ядерной планетологии ИКИ РАН, “Люлин-МО” – в Институте космических исследований и технологий Болгарской академии наук.

Наблюдения в рамках научной программы начались весной 2018 г., когда АМС достигла заданной высоты рабочей орбиты 400 км.

Проект “ЭкзоМарс” реализуется в два этапа. Первый начался с запуска в 2016 г. с помощью российской РН “Протон” орбитального аппарата для наблюдений атмосферы и поверхности планеты и посадочного модуля “Скиапарелли” (Schiaparelli) для отработки технологий посадки (Земля и Вселенная, 2016, № 3). Научные задачи орбитального аппарата предусматривают изучение марсианской атмосферы, картирование распространности воды в верхнем слое грунта с высоким пространственным разрешением и стереосъемку поверхности. Второй этап проекта начнется в июле 2020 г. запуском с космодрома Байконур с помощью РН “Протон” российской посадочной платформы с европейским марсоходом на борту. В марте 2021 г. намечена посадка на поверхность Марса платформы массой 827,9 кг в области Oxia Planum (рассматриваются также области Aram Dorsum и Mawrth Vallis). После мягкой посадки марсоход сойдет с платформы на поверхность Марса и его функционирование рассчитано на два года.

Высокоавтоматизированный шестиколесный марсоход массой 270 кг несет комплекс научной аппаратуры “Пастер” массой 10 кг, в который входят 11 приборов (метеокомплекс, три спектрометра, хроматограф с масс-спектрометром, радиометр, магнитометр, радиолокатор и пылевой комплекс), в том

числе два российских прибора: ИСЕМ (сейсмометр) и АДРОН-МР (нейтронный и гамма-спектрометр), а также 4 фотокамеры. Главная цель программы марсохода – изучение поверхности и атмосферы Марса в окрестности района посадки, поиск соединений и веществ, которые могли бы свидетельствовать о возможном существовании жизни на планете. Марсоход снабжен автономным программным обеспечением для навигации, благодаря стереоизображениям, полученных с помощью панорамных и инфракрасных камер, установленных на “мачте” марсохода. Для того, чтобы автономно находить хорошую траекторию пути, на его борту будут создаваться цифровые навигационные стереокарты. Крупноплановые камеры предназначены для обеспечения безопасности и предотвращения столкновений с препятствиями, что позволит безопасно проходить около 100 м в сутки. Орбитальный аппарат “ЭкзоМарс” будет работать как спутник-ретранслятор, передавая на Землю данные с марсохода.

После схода марсохода на поверхность платформа начнет работать как долгоживущая автономная научная станция. На ее борту будет работать комплекс научной аппаратуры массой 45 кг, предназначенный для выполнения следующих задач: фотосъемка в месте посадки, долговременный мониторинг климата, атмосферы и радиационной обстановки; исследование внутреннего строения планеты и распределения подповерхностной воды в месте посадки; круговорот летучих веществ между грунтом и атмосферой. Номинальная продолжительность работы автономной платформы – 1 год.

*Пресс-релиз ИКИ РАН,
9 января 2018 г.*

Дорогие читатели!
Напоминаем, что подписаться на журнал
“Земля и Вселенная” вы можете с любого
номера по Объединенному каталогу
“Пресса России”
(II полугодие 2018 г.) во всех отделениях связи.
Подписаться можно и по интернету,
воспользовавшись каталогом журналов
на сайте “Почта России”.
Подписной индекс – 70336.

Заведующая редакцией Л.В. Рябцева
Зав. отделом космонавтики и геофизики С.А. Герасютин

Художественный редактор О.Н. Никитина
Оператор ПК Н.Н. Токарева
Корректоры Р.В. Молоканова, Т.И. Шеповалова
Обложку оформила О.Н. Никитина

Адрес редакции: 117997 Москва, Профсоюзная ул., 90
Телефон: 8(495) 276-77-28 доб. 42-31 или 42-32
E-mail: zevs@naukaran.com

Сдано в набор 22.02.2018 г.	Подписано к печати 28.04.2018 г.	Дата выхода в свет 28.05.2018 г.
Усл.печ.л. 9.1	Формат 70 × 100 ¹ / ₁₆	Цифровая печать
	Усл.кр.-отт. 2.5 тыс.	Уч.-изд.л. 12.3
	Тираж 263 экз.	Бум.л. 3.5
	Зак. 285	Цена свободная

Учредители: Российская академия наук, Президиум

16+

Издатель: ФГУП «Издательство «Наука»
Отпечатано в ФГУП «Издательство «Наука»

